

862.C2217



2851  
RECEIVED  
PATENT APPLICATION  
AUG -3 2001

TECHNOLOGY CENTER 2800

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:	)	Examiner: Unassigned
Akihiro NAKAUCHI, et al.	)	Group Art Unit: 2851
Application No.: 09/845,297	)	
Filed: May 1, 2001	)	
For: PROJECTION EXPOSURE	)	August 1, 2001
APPARATUS HAVING ABERRATION:	)	
MEASUREMENT DEVICE	)	

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

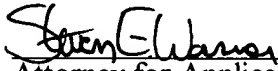
Applicants hereby claim priority under the International Convention and all rights to which they are entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Applications:

JAPAN	2000-162066	May 31, 2000
JAPAN	2000-213089	July 13, 2000
JAPAN	2000-133597	May 2, 2000
JAPAN	2001-131189	April 27, 2001

Certified copies of the priority documents are enclosed.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010 All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,

  
\_\_\_\_\_  
Attorney for Applicants  
Steven E. Warner  
Registration No. 33,326

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200

SEW/dc

DC\_MAIN 67132 v 1

RECEIVED

(translation of the front page of the priority document 2001-3 2001  
Japanese Patent Application No. 2001-131189)

TECHNOLOGY CENTER 2800



PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the  
following application as filed with this Office.

Date of Application: April 27, 2001

Application Number : Patent Application 2001-131189

Applicant(s) : Canon Kabushiki Kaisha

May 31, 2001

Commissioner,  
Patent Office

Kouzo OIKAWA

Certification Number 2001-3049947

CFM 22/7 US

日本国特許庁 09/845,297

JAPAN PATENT OFFICE

Akihiro Nakauchi  
May 1, 2001

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the attached is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

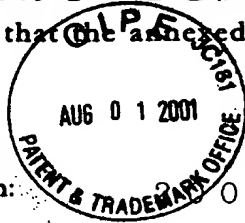
Date of Application: 2001年 4月27日

出願番号

Application Number: 特願2001-131189

出願人

Applicant(s): キヤノン株式会社

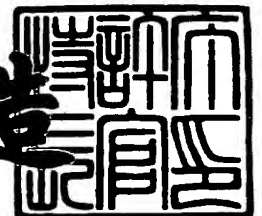


RECEIVED  
AUG - 3 2001  
TECHNOLOGY CENTER 28000

2001年 5月31日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3049947

【書類名】 特許願

【整理番号】 4455042

【提出日】 平成13年 4月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 27/18

【発明の名称】 投影露光装置

【請求項の数】 55

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会  
社内

    【氏名】 佐藤 隆一

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会  
社内

    【氏名】 中内 章博

【特許出願人】

    【識別番号】 000001007

    【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100076428

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大塚 康德

    【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

    【識別番号】 100112508

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 高柳 司郎

    【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100115071

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 康弘

【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100116894

【弁理士】

【氏名又は名称】 木村 秀二

【電話番号】 03-5276-3241

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-133597

【出願日】 平成12年 5月 2日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-162066

【出願日】 平成12年 5月31日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-213089

【出願日】 平成12年 7月13日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0102485

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 投影露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 投影露光装置であって、  
基板にパターンを投影する投影光学系と、  
前記投影光学系に向けて光を進行させる光学素子を保持する保持部と、  
前記投影光学系の像面若しくは物体面又はそれらに対して共役な面の近傍に配置された、透過部を有するマスクと、  
前記投影光学系によって形成される前記光学素子の像の面に沿って前記マスクを駆動するアクチュエータと、  
前記マスクが駆動されている状態において、前記光学素子から出射され、前記投影光学系を通過し、更に前記マスクの透過部を通過した光の強度を計測する計測器と、  
を備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】 前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 3】 前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の光線収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 4】 前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の波面収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 5】 前記光学素子は、前記投影光学系の物体面の近傍に配置され、前記マスクは、前記投影光学系の像面の近傍に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 6】 前記光学素子は、透過部を有するマスクであり、前記光学素子としてのマスクが照明系により照明されることにより前記投影光学系に向けて光が出射されることを特徴とする請求項 5 に記載の投影露光装置。

【請求項 7】 前記光学素子は、前記投影光学系の像面の近傍に配置され、前記マスクは、前記投影光学系の物体面の近傍に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 8】 前記光学素子は、透過部を有するマスクであり、前記光学素子としてのマスクが照明系により照明されることにより前記投影光学系に向けて光が出射されることを特徴とする請求項 7 に記載の投影露光装置。

【請求項 9】 前記投影露光装置は照明系を有し、  
前記光学素子は反射部材であり、  
前記反射部材は、前記照明系から出射され、前記投影光学系を介して前記反射部材に入射する光を、前記投影光学系に向けて反射することを特徴とする請求項 7 に記載の投影露光装置。

【請求項 10】 前記光学素子から出射され、前記投影光学系を通過した光を偏向させて前記マスクに導く反射鏡を更に備えることを特徴とする請求項 9 に記載の投影露光装置。

【請求項 11】 前記光学素子は、前記投影光学系の物体面の近傍に配置され、前記マスクは、前記投影光学系の物体面に対して共役な面の近傍に配置され

、  
前記投影露光装置は、前記投影光学系の像面側に配置された第 1 の反射鏡と、前記第 1 の反射鏡で反射され前記投影光学系を通過した光を前記計測器に第 2 の反射鏡とを更に備え、

前記光学素子から出射された光は、前記投影光学系を通過し、前記第 1 の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、更に前記第 2 の反射鏡で反射されて前記マスクに導かれることを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 12】 前記光学素子及び前記マスクは、前記投影光学系の物体面の近傍に配置され、

前記投影露光装置は、前記投影光学系の像面側に配置された反射鏡を更に備え

、  
前記光学素子から出射された光は、前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、前記マスクに導かれることを特徴とする



請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 1 3】 前記光学素子及び前記マスクは、前記投影光学系の像面の近傍に配置され、

前記投影露光装置は、前記投影光学系の物体面側に配置された反射鏡を更に備え、

前記光学素子から出射された光は、前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、前記マスクに導かれることを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 1 4】 前記投影光学系の像面若しくは物体面の近傍の所定領域は、前記投影光学系のアイソプラナティック領域内の大きさであることを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 1 5】 前記投影光学系の像面若しくは物体面の近傍の所定領域から出射された光が前記投影光学系の瞳を十分に覆うことを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 1 6】 投影露光装置であって、  
照明系と、  
基板にパターンを投影する投影光学系と、  
前記照明系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、  
前記投影光学系の像側焦点位置の近傍に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、  
前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動するアクチュエータと、  
前記第 2 のマスクが駆動されている状態において、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部、前記投影光学系、前記第 2 の透過部を通過した光の強度の変化を計測する計測器と、  
を備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 1 7】 前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項 1 6 に記載の投影露光

装置。

【請求項 1 8】 前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の光線収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項 1 6 に記載の投影露光装置。

【請求項 1 9】 前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の波面収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項 1 6 に記載の投影露光装置。

【請求項 2 0】 前記投影光学系の出射瞳を前記計測器の計測面上に結像させる結像光学系を更に備えることを特徴とする請求項 1 6 に記載の投影露光装置。

【請求項 2 1】 前記アクチュエータは、前記第 2 のマスクと共に前記計測器及び前記結像光学系を駆動することを特徴とする請求項 2 0 に記載の投影露光装置。

【請求項 2 2】 前記第 2 のマスク、前記結像光学系及び前記計測器は一体化された計測ユニットを構成し、前記アクチュエータは、前記計測ユニットを前記投影光学系の像面に沿って駆動することを特徴とする請求項 2 0 に記載の投影露光装置。

【請求項 2 3】 前記第 1 のマスクには、複数の第 1 の透過部が形成されていることを特徴とする請求項 1 6 に記載の投影露光装置。

【請求項 2 4】 前記第 1 のマスクには、前記第 1 の透過部の他、基板に転写すべき転写パターンが形成されていることを特徴とする請求項 1 6 に記載の投影露光装置。

【請求項 2 5】 投影露光装置であって、  
照明系と、  
基板にパターンを投影する投影光学系と、  
前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する第 1 の保持部と、  
前記投影光学系の像面側に配置された第 1 の反射鏡と、  
前記照明光学系と前記投影光学系との間に配置された、第 2 の透過部を有する

第 2 のマスクと、

前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第 1 の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過した光を前記第 2 の透過部に向けて偏向させる第 2 の反射鏡と、

前記第 2 のマスクを所定面内で駆動するアクチュエータと、

前記第 2 のマスクが駆動されている状態において、前記照明系から出射され、前記第 1 のマスクの第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第 1 の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、前記第 2 の反射鏡で反射され、前記第 2 のマスクの第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測器と、

を備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2 6】 記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項 2 5 に記載の投影露光装置。

【請求項 2 7】 前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の光線収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項 2 5 に記載の投影露光装置。

【請求項 2 8】 前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の波面収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項 2 5 に記載の投影露光装置。

【請求項 2 9】 前記第 1 の反射鏡は、球面鏡であることを特徴とする請求項 2 5 に記載の投影露光装置。

【請求項 3 0】 前記第 2 の反射鏡は、ハーフミラーであり、前記照明系から出射された光を通過させて前記投影光学系に通す一方で、前記第 1 の反射鏡で反射され前記投影光学系を通過した光を前記第 2 のマスクの第 2 の透過部に向けて反射することを特徴とする請求項 2 5 に記載の投影露光装置。

【請求項 3 1】 投影露光装置であって、  
照明系と、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記照明系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを

保持する保持部と、

前記投影光学系の物体面の近傍に配置された、第2の透過部を有する第2のマスクと、

前記照明系から出射され、第1の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第2の透過部に入射させる、前記投影光学系の像面側に配置された反射鏡と、

前記第2のマスクを前記投影光学系の物体面に沿って駆動するアクチュエータと、

前記第2のマスクが駆動されている状態において、前記照明系から出射され、前記第1の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第2の透過部を通過した光の強度を計測する計測器と、  
を備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項32】 記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項31に記載の投影露光装置。

【請求項33】 前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の光線収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項31に記載の投影露光装置。

【請求項34】 前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の波面収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項31に記載の投影露光装置。

【請求項35】 前記反射鏡は、球面鏡であることを特徴とする請求項31に記載の投影露光装置。

【請求項36】 投影露光装置であって、  
基板ステージと、  
前記基板ステージ上の基板にパターンを投影する投影光学系と、  
前記投影光学系と前記基板ステージの間に配置された、第1の透過部を有する第1のマスクと、

前記第1の透過部を照明する照明系と、

前記投影光学系と前記基板ステージとの間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、

前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の物体側に配置された反射鏡と、

前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動するアクチュエータと

前記第 2 のマスクが駆動されている状態において、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測器と、  
を備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 3 7】 記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項 3 6 に記載の投影露光装置。

【請求項 3 8】 前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の光線収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項 3 6 に記載の投影露光装置。

【請求項 3 9】 前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の波面収差を演算する演算器を更に備えることを特徴とする請求項 3 6 に記載の投影露光装置。

【請求項 4 0】 前記反射鏡は、球面鏡であることを特徴とする請求項 3 6 に記載の投影露光装置。

【請求項 4 1】 投影光学系を介して基板にパターンを投影する投影露光装置における該投影光学系の収差を計測する計測方法であって、

前記投影露光装置は、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記投影光学系に向けて光を進行させる光学素子を保持する保持部と、

前記投影光学系の像面若しくは物体面又はそれらに対して共役な面の近傍に配置された、透過部を有するマスクとを備え、

前記方法は、

前記投影光学系によって形成される前記光学素子の像の面に沿って前記マスクを駆動しながら、前記光学素子から出射され、前記投影光学系を通過し、更に前記マスクの透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程とを含むことを特徴とする計測方法。

【請求項 4 2】 投影光学系を介して基板にパターンを投影する投影露光装置における該投影光学系の収差を計測する計測方法であって、

前記投影露光装置は、

照明系と、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記照明系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、

前記投影光学系の像側焦点位置の近傍に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクとを備え、

前記方法は、

前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部、前記投影光学系、前記第 2 の透過部を通過した光の強度の変化を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程とを含むことを特徴とする計測方法。

【請求項 4 3】 投影光学系を介して基板にパターンを投影する投影露光装置における該投影光学系の収差を計測する計測方法であって、

前記投影露光装置は、

照明系と、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する第 1 の保持部と、

前記投影光学系の像面側に配置された第 1 の反射鏡と、

前記照明光学系と前記投影光学系との間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、

前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第 1 の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過した光を前記第 2 の透過部に向けて偏向させる第 2 の反射鏡とを備え、

前記方法は、

前記第 2 のマスクを所定面内で駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 のマスクの第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第 1 の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、前記第 2 の反射鏡で反射され、前記第 2 のマスクの第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程とを含むことを特徴とする計測方法。

【請求項 4 4】 投影光学系を介して基板にパターンを投影する投影露光装置における該投影光学系の収差を計測する計測方法であって、

前記投影露光装置は、

照明系と、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、

前記投影光学系の物体面の近傍に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、

前記照明系から出射され、第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の像面側に配置された反射鏡とを備え、

前記方法は、

前記第 2 のマスクを前記投影光学系の物体面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程とを含むことを特徴とする計測方法。

【請求項 4 5】 投影光学系を介して基板にパターンを投影する投影露光装置における該投影光学系の収差を計測する計測方法であって、

前記投影露光装置は、

基板ステージと、

前記基板ステージ上の基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記投影光学系と前記基板ステージの間に配置された、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクと、

前記第 1 の透過部を照明する照明系と、

前記投影光学系と前記基板ステージとの間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、

前記照明系から出射され、第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を反射し、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の物体側に配置された反射鏡とを備え、

前記方法は、

前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程とを含むことを特徴とする計測方法。

【請求項 4 6】 投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写方法であって、

前記投影露光装置は、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記投影光学系に向けて光を進行させる光学素子を保持する保持部と、

前記投影光学系の像面若しくは物体面又はそれらに対して共役な面の近傍に配置された、透過部を有するマスクとを備え、



前記方法は、

前記投影光学系によって形成される前記光学素子の像の面に沿って前記マスクを駆動しながら、前記光学素子から出射され、前記投影光学系を通過し、更に前記マスクの透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、

前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と

、  
前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写工程とを含むことを特徴とする転写方法。

【請求項 4 7】 投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写方法であって、

前記投影露光装置は、

照明系と、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記照明系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、

前記投影光学系の像側焦点位置の近傍に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクとを備え、

前記方法は、

前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部、前記投影光学系、前記第 2 の透過部を通過した光の強度の変化を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、

前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と

、  
前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写工程とを含むことを特徴とする転写方法。

【請求項 4 8】 投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写方法であって、

前記投影露光装置は、

照明系と、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する第 1 の保持部と、

前記投影光学系の像面側に配置された第 1 の反射鏡と、

前記照明光学系と前記投影光学系との間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、

前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第 1 の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過した光を前記第 2 の透過部に向けて偏向させる第 2 の反射鏡とを備え、

前記方法は、

前記第 2 のマスクを所定面内で駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 のマスクの第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第 1 の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、前記第 2 の反射鏡で反射され、前記第 2 のマスクの第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、

前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と

、  
前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写工程とを含むことを特徴とする転写方法。

【請求項 4 9】 投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写方法であって、

前記投影露光装置は、

照明系と、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、

前記投影光学系の物体面の近傍に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、

前記照明系から出射され、第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の像面側に配置された反射鏡とを備え、

前記方法は、

前記第 2 のマスクを前記投影光学系の物体面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、

前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と

、  
前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写工程とを含むことを特徴とする転写方法。

【請求項 5 0】 投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写方法であって、

前記投影露光装置は、

基板ステージと、

前記基板ステージ上の基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記投影光学系と前記基板ステージの間に配置された、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクと、

前記第 1 の透過部を照明する照明系と、

前記投影光学系と前記基板ステージとの間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、

前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してき

た光を反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の物体側に配置された反射鏡とを備え、

前記方法は、

前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、

前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と

前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写工程とを含むことを特徴とする転写方法。

【請求項 5 1】 投影露光装置を利用してデバイスを製造する製造方法であって、

前記投影露光装置は、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記投影光学系に向けて光を進行させる光学素子を保持する保持部と、

前記投影光学系の像面若しくは物体面又はそれらに対して共役な面の近傍に配置された、透過部を有するマスクとを備え、

前記方法は、

前記投影光学系によって形成される前記光学素子の像の面に沿って前記マスクを駆動しながら、前記光学素子から出射され、前記投影光学系を通過し、更に前記マスクの透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、

前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と

前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して、感光材が塗布され

た基板の該感光材にパターンを転写する転写工程と、  
パターンが転写された感光材を現像する現像工程と、  
を含むことを特徴とする製造方法。

【請求項 5 2】 投影露光装置を利用してデバイスを製造する製造方法であって、

前記投影露光装置は、

照明系と、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記照明系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、

前記投影光学系の像側焦点位置の近傍に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクとを備え、

前記方法は、

前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部、前記投影光学系、前記第 2 の透過部を通過した光の強度の変化を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、

前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と

前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して、感光材が塗布された基板の該感光材にパターンを転写する転写工程と、

パターンが転写された感光材を現像する現像工程と、

を含むことを特徴とする製造方法。

【請求項 5 3】 投影露光装置を利用してデバイスを製造する製造方法であって、

前記投影露光装置は、

照明系と、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する第 1 の保持部と、

前記投影光学系の像面側に配置された第 1 の反射鏡と、

前記照明光学系と前記投影光学系との間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、

前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第 1 の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過した光を前記第 2 の透過部に向けて偏向させる第 2 の反射鏡とを備え、

前記方法は、

前記第 2 のマスクを所定面内で駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 のマスクの第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第 1 の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、前記第 2 の反射鏡で反射され、前記第 2 のマスクの第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、

前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と、

前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して、感光材が塗布された基板の該感光材にパターンを転写する転写工程と、

パターンが転写された感光材を現像する現像工程と、

を含むことを特徴とする製造方法。

【請求項 5 4】 投影露光装置を利用してデバイスを製造する製造方法であって、

前記投影露光装置は、

照明系と、

基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、

前記投影光学系の物体面の近傍に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマ

スクと、

前記照明系から出射され、第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の像面側に配置された反射鏡とを備え、

前記方法は、

前記第 2 のマスクを前記投影光学系の物体面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、

前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と

、  
前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して、感光材が塗布された基板の該感光材にパターンを転写する転写工程と、

パターンが転写された感光材を現像する現像工程と、

を含むことを特徴とする製造方法。

【請求項 5 5】 投影露光装置を利用してデバイスを製造する製造方法であって、

前記投影露光装置は、

基板ステージと、

前記基板ステージ上の基板にパターンを投影する投影光学系と、

前記投影光学系と前記基板ステージの間に配置された、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクと、

前記第 1 の透過部を照明する照明系と、

前記投影光学系と前記基板ステージとの間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、

前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を前記反射鏡で反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過

部に入射させる、前記投影光学系の物体側に配置された反射鏡とを備え、

前記方法は、

前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、

前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、

前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と

前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して、感光材が塗布された基板の該感光材にパターンを転写する転写工程と、

パターンが転写された感光材を現像する現像工程と、

を含むことを特徴とする製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【 0 0 0 1 】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、マスク上のパターンを投影光学系を介して感光性の基板に転写する露光装置に関する。このような露光装置は、たとえば半導体素子を製造する際のリソグラフィ工程で使用される。

##### 【 0 0 0 2 】

#### 【従来の技術】

半導体素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際にレチクルやフォトマスク等の原版（以下、レチクルと総称する）に形成された回路パターン等を感光剤が塗布された半導体ウエハ等に転写する投影型露光装置が使用されている。この種の露光装置では、レチクル上のパターンを所定の倍率（縮小率）で正確にウエハ上に転写することが要求されており、この要求に応えるためには、結像性能のよい、収差を抑えた投影光学系を用いることが重要である。特に近年、半導体デバイスの一層の微細化要求により、光学系の通常の結像性能を超えるパターンを



転写する場合が多くなってきており、この結果、転写するパターンは、光学系の収差に対して従来に比べて敏感になってきている。一方で、投影光学系に対しては露光面積を拡大し、開口数（NA）を高くすることが求められており、このため収差補正を一層困難にしている。

【0003】

こうした状況の中、露光装置に投影光学系を搭載した状態、すなわち実際に露光に使用する状態で、結像性能たとえば投影光学系の収差、中でも特に波面収差を計測したいとの要求が強くなる。これにより、使用状態に則したより精密なレンズの調整や、収差の影響を受けにくいデバイスの設計が可能となるためである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

このような要求に対し、従来、露光装置に搭載した状態での結像性能を求める手段としては、ナイフエッジやスリットなどで像の強度分布を測定するやり方がある。また、バーチャートなど特定の形状をしたパターンのコントラストを求めるやり方などが行われている。

【0005】

しかし、ナイフエッジやスリットなどで像の強度分布を求める方法では、像の強度分布測定のS/N比が、半導体のリソグラフィーにおける投影光学系では、 $10^6$ 以上程度は必要とされ、非常に難易度が高い。

【0006】

又、バーチャートを用いてコントラストを求めるやりかたで、波面収差を求めるには、粗いピッチから解像限界を超えるピッチまで非常に多数のバーチャートのコントラストを求める必要があり、バーチャートの製作上、そして測定労力の点から実用的ではない。

【0007】

又、これらの方法で、波面収差を求めることまでは行われていない。

【0008】

又、波面収差を求める方法として干渉計を用いる方法があるが、これは投影光

学系の製造段階での検査装置として用いられるのが一般的であり、露光装置に搭載するには技術的にもコスト的にも壁が厚く、実用には至っていない。というのも、干渉計による方法では、プリズム、ミラー、レンズなどからなる干渉計と、干渉計用のコヒーレンスの良い照明系とを、レチクルステージやウエハーステージの近傍に配置しなければならない。一般に、ウエハーステージやレチクルステージ近傍の空間は限られており、干渉計やその照明系の大きさも制約を受けることになる。また、発熱や振動などの面からも制約があり、実装上の難易度が高い。更に、近年の露光波長の短波長化により、露光波長領域における干渉計のためのコヒーレンスのよい光源は、存在しないか、非常に高額である。このため干渉計方式の収差測定装置を投影露光装置に搭載することは技術的にも、コスト的にも現実的なものがない。

## 【 0 0 0 9 】

本発明は、上記の背景に鑑みてなされたものであり、例えば、投影露光装置上で投影光学系の結像性能、特に波面収差を計測するための機能を備えた投影露光装置を提供することを課題としている。

## 【 0 0 1 0 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の第 1 の側面は、投影露光装置に係り、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記投影光学系に向けて光を進行させる光学素子を保持する保持部と、前記投影光学系の像面若しくは物体面又はそれらに対して共役な面の近傍に配置された、透過部を有するマスクと、前記投影光学系によって形成される前記光学素子の像の面に沿って前記マスクを駆動するアクチュエータと、前記マスクが駆動されている状態において、前記光学素子から出射され、前記投影光学系を通過し、更に前記マスクの透過部を通過した光の強度を計測する計測器とを備えることを特徴とする。

## 【 0 0 1 1 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

【 0 0 1 2 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の光線収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の波面収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

【 0 0 1 4 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光学素子は、前記投影光学系の物体面の近傍に配置され、前記マスクは、前記投影光学系の像面の近傍に配置されることが好ましい。

【 0 0 1 5 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光学素子は、透過部を有するマスクであり、前記光学素子としてのマスクが照明系により照明されることにより前記投影光学系に向けて光が出射されることが好ましい。

【 0 0 1 6 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光学素子は、前記投影光学系の像面の近傍に配置され、前記マスクは、前記投影光学系の物体面の近傍に配置されることが好ましい。

【 0 0 1 7 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光学素子は、透過部を有するマスクであり、前記光学素子としてのマスクが照明系により照明されることにより前記投影光学系に向けて光が出射されることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は照明系を有し、前記光学素子は反射部材であり、前記反射部材は、前記照明系から出射され、前記投影光学系を介して前記反射部材に入射する光を、前記投影光学系に向けて反射することが好ましい。

## 【 0 0 1 9 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記光学素子から出射され、前記投影光学系を通過した光を偏向させて前記マスクに導く反射鏡を更に備えることが好ましい。

## 【 0 0 2 0 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光学素子は、前記投影光学系の物体面の近傍に配置され、前記マスクは、前記投影光学系の物体面に対して共役な面の近傍に配置され、前記投影露光装置は、前記投影光学系の像面側に配置された第1の反射鏡と、前記第1の反射鏡で反射され前記投影光学系を通過した光を前記計測器に第2の反射鏡とを更に備え、前記光学素子から出射された光は、前記投影光学系を通過し、前記第1の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、更に前記第2の反射鏡で反射されて前記マスクに導かれることが好ましい。

## 【 0 0 2 1 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光学素子及び前記マスクは、前記投影光学系の物体面の近傍に配置され、前記投影露光装置は、前記投影光学系の像面側に配置された反射鏡を更に備え、前記光学素子から出射された光は、前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、前記マスクに導かれることが好ましい。

## 【 0 0 2 2 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記光学素子及び前記マスクは、前記投影光学系の像面の近傍に配置され、前記投影露光装置は、前記投影光学系の物体面側に配置された反射鏡を更に備え、前記光学素子から出射された光は、前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、前記マスクに導かれることが好ましい。

## 【 0 0 2 3 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影光学系の像面若しくは物体面の近傍の所定領域は、前記投影光学系のアイソプラナティック領域内の大きさであることが好ましい。

## 【 0 0 2 4 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影光学系の像面若しくは物体面の近傍の所定領域から出射された光が前記投影光学系の瞳を十分に覆うことが好ましい。

## 【 0 0 2 5 】

本発明の第 2 の側面は、投影露光装置に係り、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記照明系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、前記投影光学系の像側焦点位置の近傍に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動するアクチュエータと、前記第 2 のマスクが駆動されている状態において、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部、前記投影光学系、前記第 2 の透過部を通過した光の強度の変化を計測する計測器とを備えることを特徴とする。

## 【 0 0 2 6 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

## 【 0 0 2 7 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の光線収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

## 【 0 0 2 8 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の波面収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

## 【 0 0 2 9 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記投影光学系の出射瞳を前記計測器の計測面上に結像させる結像光学系を更に備えることが好ましい。

## 【 0 0 3 0 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記アクチュエータは、前記第 2 のマスクと共に前記計測器及び前記結像光学系を駆動することが好ましい。

【 0 0 3 1 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記第 2 のマスク、前記結像光学系及び前記計測器は一体化された計測ユニットを構成し、前記アクチュエータは、前記計測ユニットを前記投影光学系の像面に沿って駆動することが好ましい。

【 0 0 3 2 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記第 1 のマスクには、複数の第 1 の透過部が形成されていることが好ましい。

【 0 0 3 3 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記第 1 のマスクには、前記第 1 の透過部の他、基板に転写すべき転写パターンが形成されていることが好ましい。

【 0 0 3 4 】

本発明の第 3 の側面は、投影露光装置に係り、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する第 1 の保持部と、前記投影光学系の像面側に配置された第 1 の反射鏡と、前記照明光学系と前記投影光学系との間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第 1 の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過した光を前記第 2 の透過部に向けて偏向させる第 2 の反射鏡と、前記第 2 のマスクを所定面内で駆動するアクチュエータと、前記第 2 のマスクが駆動されている状態において、前記照明系から出射され、前記第 1 のマスクの第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第 1 の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、前記第 2 の反射鏡で反射され、前記第 2 のマスクの第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測器とを備えることを特徴とする。

【 0 0 3 5 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

【 0 0 3 6 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の光線収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

【 0 0 3 7 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の波面収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

【 0 0 3 8 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記第 1 の反射鏡は、球面鏡であることが好ましい。

【 0 0 3 9 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記第 2 の反射鏡は、ハーフミラーであり、前記照明系から出射された光を通過させて前記投影光学系に通す一方で、前記第 1 の反射鏡で反射され前記投影光学系を通過した光を前記第 2 のマスクの第 2 の透過部に向けて反射することが好ましい。

【 0 0 4 0 】

本発明の第 4 の側面は、投影露光装置に係り、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記照明系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、前記投影光学系の物体面の近傍に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、前記照明系から出射され、第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の像面側に配置された反射鏡と、前記第 2 のマスクを前記投影光学系の物体面に沿って駆動するアクチュエータと、前記第 2 のマスクが駆動されている状態において、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測器とを備えることを特徴とする。

【 0 0 4 1 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

【 0 0 4 2 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の光線収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

【 0 0 4 3 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の波面収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

【 0 0 4 4 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記反射鏡は、球面鏡であることが好ましい。

【 0 0 4 5 】

本発明の第 5 の側面は、投影露光装置に係り、基板ステージと、前記基板ステージ上の基板にパターンを投影する投影光学系と、前記投影光学系と前記基板ステージの間に配置された、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクと、前記第 1 の透過部を照明する照明系と、前記投影光学系と前記基板ステージとの間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の物体側に配置された反射鏡と、前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動するアクチュエータと、前記第 2 のマスクが駆動されている状態において、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測器とを備えることを特徴とする。

【 0 0 4 6 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、記計測器による計



測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

【 0 0 4 7 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の光線収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

【 0 0 4 8 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記投影露光装置は、前記計測器による計測結果に基づいて前記投影光学系の波面収差を演算する演算器を更に備えることが好ましい。

【 0 0 4 9 】

本発明の好適な実施の形態によれば、前記反射鏡は、球面鏡であることが好ましい。

【 0 0 5 0 】

本発明の第 6 の側面は、投影光学系を介して基板にパターンを投影する投影露光装置における該投影光学系の収差を計測する計測方法に係り、前記投影露光装置は、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記投影光学系に向けて光を進行させる光学素子を保持する保持部と、前記投影光学系の像面若しくは物体面又はそれらに対して共役な面の近傍に配置された、透過部を有するマスクとを備え、前記方法は、前記投影光学系によって形成される前記光学素子の像の面に沿って前記マスクを駆動しながら、前記光学素子から出射され、前記投影光学系を通過し、更に前記マスクの透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程とを含むことを特徴とする。

【 0 0 5 1 】

本発明の第 7 の側面は、投影光学系を介して基板にパターンを投影する投影露光装置における該投影光学系の収差を計測する計測方法に係り、前記投影露光装置は、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記照明系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、前

記投影光学系の像側焦点位置の近傍に配置された、第2の透過部を有する第2のマスクとを備え、前記方法は、前記第2のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第1の透過部、前記投影光学系、前記第2の透過部を通過した光の強度の変化を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 5 2 】

本発明の第8の側面は、投影光学系を介して基板にパターンを投影する投影露光装置における該投影光学系の収差を計測する計測方法に係り、前記投影露光装置は、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第1の透過部を有する第1のマスクを保持する第1の保持部と、前記投影光学系の像面側に配置された第1の反射鏡と、前記照明光学系と前記投影光学系との間に配置された、第2の透過部を有する第2のマスクと、前記照明系から出射され、前記第1の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第1の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過した光を前記第2の透過部に向けて偏向させる第2の反射鏡とを備え、前記方法は、前記第2のマスクを所定面内で駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第1のマスクの第1の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第1の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、前記第2の反射鏡で反射され、前記第2のマスクの第2の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 5 3 】

本発明の第9の側面は、投影光学系を介して基板にパターンを投影する投影露光装置における該投影光学系の収差を計測する計測方法に係り、前記投影露光装置は、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第1の透過部を有する第1のマスクを保持する保持部と、前記投影光学系の物体面の近傍に配置された、第2の透過部を有する第2のマスクと、前記照明系から出射され、第1の透過部及び前記投影光学系を通過して

きた光を反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の像面側に配置された反射鏡とを備え、前記方法は、前記第 2 のマスクを前記投影光学系の物体面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 5 4 】

本発明の第 1 0 の側面は、投影光学系を介して基板にパターンを投影する投影露光装置における該投影光学系の収差を計測する計測方法に係り、前記投影露光装置は、基板ステージと、前記基板ステージ上の基板にパターンを投影する投影光学系と、前記投影光学系と前記基板ステージの間に配置された、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクと、前記第 1 の透過部を照明する照明系と、前記投影光学系と前記基板ステージとの間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、前記照明系から出射され、第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を反射し、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の物体側に配置された反射鏡とを備え、前記方法は、前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 5 5 】

本発明の第 1 1 の側面は、投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写方法であって、前記投影露光装置は、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記投影光学系に向けて光を進行させる光学素子を保持する保持部と、前記投影光学系の像面若しくは物体面又はそれらに対して共役な面の近傍に配置された、透過部を有するマスクとを備え、前記方法は、前記投影光学系によって形成される前記光学素子の像の面に沿って前記マスクを駆動しながら、前記光学素子

から出射され、前記投影光学系を通過し、更に前記マスクの透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と、前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 5 6 】

本発明の第 1 2 の側面は、投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写方法に係り、前記投影露光装置は、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記照明系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、前記投影光学系の像側焦点位置の近傍に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクとを備え、前記方法は、前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部、前記投影光学系、前記第 2 の透過部を通過した光の強度の変化を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と、前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 5 7 】

本発明の第 1 3 の側面は、投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写方法であって、前記投影露光装置は、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する第 1 の保持部と、前記投影光学系の像面側に配置された第 1 の反射鏡と、前記照明光学系と前記投影光学系との間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第 1 の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過した光を前記第 2 の透過部に向けて偏向させる第 2 の反射鏡とを備え、前記方法は、前記第 2 のマスクを所定面内で駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 のマスクの第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第 1

の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、前記第 2 の反射鏡で反射され、前記第 2 のマスクの第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と、前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 5 8 】

本発明の第 1 4 の側面は、投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写方法に係り、前記投影露光装置は、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、前記投影光学系の物体面の近傍に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、前記照明系から出射され、第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の像面側に配置された反射鏡とを備え、前記方法は、前記第 2 のマスクを前記投影光学系の物体面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と、前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 5 9 】

本発明の第 1 5 の側面は、投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写方法に係り、前記投影露光装置は、基板ステージと、前記基板ステージ上の基板にパターンを投影する投影光学系と、前記投影光学系と前記基板ステージの間に配置された、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクと、前記第 1 の透過部を照明する照明系と、前記投影光学系と前記基板ステージとの間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部

及び前記投影光学系を通過してきた光を反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の物体側に配置された反射鏡とを備え、前記方法は、前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と、前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して基板にパターンを転写する転写工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 6 0 】

本発明の第 1 6 の側面は、投影露光装置を利用してデバイスを製造する製造方法であって、前記投影露光装置は、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記投影光学系に向けて光を進行させる光学素子を保持する保持部と、前記投影光学系の像面若しくは物体面又はそれらに対して共役な面の近傍に配置された、透過部を有するマスクとを備え、前記方法は、前記投影光学系によって形成される前記光学素子の像の面に沿って前記マスクを駆動しながら、前記光学素子から出射され、前記投影光学系を通過し、更に前記マスクの透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と、前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して、感光材が塗布された基板の該感光材にパターンを転写する転写工程と、パターンが転写された感光材を現像する現像工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 6 1 】

本発明の第 1 7 の側面は、投影露光装置を利用してデバイスを製造する製造方法に係り、前記投影露光装置は、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記照明系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、前記投影光学系の像側焦点位置の近傍に配置された、第

2の透過部を有する第2のマスクとを備え、前記方法は、前記第2のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第1の透過部、前記投影光学系、前記第2の透過部を通過した光の強度の変化を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と、前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して、感光材が塗布された基板の該感光材にパターンを転写する転写工程と、パターンが転写された感光材を現像する現像工程とを含むことを特徴とする。

## 【0062】

本発明の第18の側面は、投影露光装置を利用してデバイスを製造する製造方法に係り、前記投影露光装置は、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第1の透過部を有する第1のマスクを保持する第1の保持部と、前記投影光学系の像面側に配置された第1の反射鏡と、前記照明光学系と前記投影光学系との間に配置された、第2の透過部を有する第2のマスクと、前記照明系から出射され、前記第1の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第1の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過した光を前記第2の透過部に向けて偏向させる第2の反射鏡とを備え、前記方法は、前記第2のマスクを所定面内で駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第1のマスクの第1の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記第1の反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、前記第2の反射鏡で反射され、前記第2のマスクの第2の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と、前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して、感光材が塗布された基板の該感光材にパターンを転写する転写工程と、パターンが転写された感光材を現像する現像工程とを含むことを特徴とする。

## 【0063】

本発明の第19の側面は、投影露光装置を利用してデバイスを製造する製造方法に係り、前記投影露光装置は、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学

系と、前記照明光学系と前記投影光学系との間に、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクを保持する保持部と、前記投影光学系の物体面の近傍に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、前記照明系から出射され、第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の像面側に配置された反射鏡とを備え、前記方法は、前記第 2 のマスクを前記投影光学系の物体面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と、前記投影光学系が調整された前記投影露光装置を利用して、感光材が塗布された基板の該感光材にパターンを転写する転写工程と、パターンが転写された感光材を現像する現像工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 6 4 】

本発明の第 2 0 の側面は、投影露光装置を利用してデバイスを製造する製造方法に係り、前記投影露光装置は、基板ステージと、前記基板ステージ上の基板にパターンを投影する投影光学系と、前記投影光学系と前記基板ステージの間に配置された、第 1 の透過部を有する第 1 のマスクと、前記第 1 の透過部を照明する照明系と、前記投影光学系と前記基板ステージとの間に配置された、第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過してきた光を前記反射鏡で反射して、再び前記投影光学系を通過させて前記第 2 の透過部に入射させる、前記投影光学系の物体側に配置された反射鏡とを備え、前記方法は、前記第 2 のマスクを前記投影光学系の像面に沿って駆動しながら、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部及び前記投影光学系を通過し、前記反射鏡で反射され、再び前記投影光学系を通過し、第 2 の透過部を通過した光の強度を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計測結果に基づいて前記投影光学系の収差を演算する演算工程と、前記演算工程で得られた収差に基づいて前記投影光学系を調整する調整工程と、前記投影光学系が調



整された前記投影露光装置を利用して、感光材が塗布された基板の該感光材にパターンを転写する転写工程と、パターンが転写された感光材を現像する現像工程とを含むことを特徴とする。

【0065】

【発明の実施の形態】

まず、本発明の原理を説明する。本発明は、Foucault Test、Wire Test、Phase Modulation Test、Ronchi Test（例えば、Daniel Malacara、“Optical Shop Testing”、John Wiley & Sons, Inc. 231（1978）参照）などで行われている原理に基礎を置いている。

【0066】

一般に、収差が無い理想的な投影光学系の場合、点物体からでた光束は結像点一点に収束するが、収差があると一点には収束しない。

【0067】

図1は、このような結像点近傍の光束の様子を示している。図1において、照明系（不図示）から出射され、第1のマスク（不図示）に形成された点物体とみなせる第1の透過部（光学素子）を通過し、更に投影光学系（不図示）を通過した光線Aは理想的な結像点IPからはずれている。このような結像点近傍に、第2の透過部17Tが形成された第2のマスク17Mと、該透過部17Tを通過した光束の光強度分布測定を測定する光強度分布測定装置18が配置されている。

【0068】

ここで、投影光学系の光軸（図示されていないが、図面上で上下方向）に垂直な平面における第2の透過部17Tの位置を座標（ $u$ 、 $v$ ）で表し、光強度分布測定装置18の光強度測定面上の位置を座標（ $x$ 、 $y$ ）で表すものとする。また、光強度分布測定装置18の光強度測定面上の位置は投影光学系の射出瞳上の位置と1対1の関係性を有する。これは、例えば、光強度分布測定装置18を、ある程度投影光学系の像側焦点位置から離したり、光強度測定面上と投影光学系の射出瞳の位置とを共役とするような光学系を置くこと等によって実現できる。

【0069】

図1において、光線Aが投影光学系の収差のために、理想結像位置IPからずれ、第2のマスク17Mの不透過部で遮られている。この状態で、第2のマスク17Mの透過部17Tを通過した光束の光強度分布測定装置18の測定面上での光強度分布は、光線Aに対応する部分が暗い分布となる。

## 【0070】

図2は、第2の透過部17Tを通過した光の光強度分布測定装置18上の強度分布を示している。 $I_o(u, v)$ は第2の透過部17Tの位置が $(u, v)$ の時における主光線Pに対応する部分の光強度を表し、 $I_a(u, v)$ は第2の透過部17Tの位置が $(u, v)$ の時の光線Aに対応する部分の光強度をそれぞれ表わす。 $I_a(u, v)$ は、光線Aが第2のマスク17Mの不透過部で遮られるために、暗くなっている。

## 【0071】

光線Aの光線収差を $(\varepsilon, \eta)$ とすると、第2の透過部17Tを $(\varepsilon, \eta)$ だけ移動すると、光線Aに対応する部分の光強度は、 $I_o(u, v)$ と等しい、すなわち、

$$I_a(u, v) = I_o(u - \varepsilon, v - \eta)$$

となる。したがって、第2の透過部17Mの位置 $(u, v)$ を移動させながら、光強度分布測定装置18の各点における光強度の変化をプロットすると、光線収差に相当する量だけ位相のずれた分布（移動に伴う強度の変化）が得られる。この位相ずれ量を求めることによって、光線収差を決定できる。

## 【0072】

図3は、第2の透過部17Tを有する第2のマスク17Mを示す図であり、不透過基板に、第2の透過部（光学素子）17Tとして正方形の開口が形成されている。

## 【0073】

図4Aは、 $u$ 軸について光強度分布測定装置18の測定面上の光強度 $I_a(u, v)$ 、 $I_o(u, v)$ をプロットした図であり、 $u$ 軸方向の光線収差量 $\varepsilon$ だけ両プロット図の間で位相がずれていることを示している。

## 【0074】

図4Bは、 $v$ 軸について光強度分布測定装置18の測定面上の光強度 $I_a(u, v)$ 、 $I_o(u, v)$ をプロットした図であり、 $v$ 軸方向の光線収差量 $\eta$ だけ両プロット図の間で位相がずれていることを示している。

【0075】

ここで、光強度分布測定装置18の光強度測定面の各点 $(x, y)$ は、前述のように投影光学系の射出瞳と1対1に対応するようになっているから、光線収差 $(\varepsilon, \eta)$ は射出瞳上の点 $(x, y)$ を通過した光線の収差とみなすことができる。

【0076】

以上、照明系と投影光学系との間に配置された第1の透過部（光学素子）が点物体とみなせる場合について説明した。しかし、第1の透過部が、投影光学系のアイソプラナティック領域より小さい物体であれば、該透過部は点物体とみなせるほど微少な透過部である必要はない。アイソプラナティック領域は収差が等しいとみなせる領域であるから、第1の透過部の各点から出射される同じ収差をもつ結像光束を重ねあわせたものが、第1の透過部の像となる。したがって、これを第2の透過部17Tで走査して得られるプロット図は、前述の第1の透過部が点物体とみなせる場合のプロット図を第2のパターン像の大きさの分だけ重ねあわせた分布となる。

【0077】

図5は、照明系と投影光学系との間に配置される第1の透過部をアイソプラナティック領域内の正方形開口とした場合の、投影光学系の結像点近傍の光束の様子を示したものである。 $A'$ は前述の光線Aに対応する光束、 $P'$ は前述の主光線Pに対応する光束である。アイソプラナティック領域であるから、両光束の断面は同じ大きさの正方形であり、光束 $A'$ は、光線Aの収差 $(\varepsilon, \eta)$ だけ、光束 $P'$ からずれたものである。ここで、 $I'_o(u, v)$ を第2の透過部17Tの位置が $(u, v)$ の時の光束 $P'$ に対応する部分の光強度、および $I'_a(u, v)$ を光束Aに対応する部分の強度とすると、図6A、図6Bからわかるように、

$$I'_a(u, v) = I'_o(u - \varepsilon, v - \eta)$$

となる。

【0078】

したがって、第2の透過部17Tの位置（ $u$ 、 $v$ ）を移動させながら、光強度分布測定装置18の光強度測定面の各点における光強度の変化をプロットすると、光線収差に相当する量だけ位相のずれた分布（移動に伴う変化）が得られる。この位相ずれ量を求めることによって、光線収差を決定できる。ここで、第2の透過部17Tは、図3と同様である。

【0079】

図6Aは、 $u$ 軸について光強度分布測定装置18の測定面上の光強度 $I'a(u,v)$ 、 $I'o(u,v)$ をプロット図であり、 $u$ 軸方向の光線収差量 $\varepsilon$ だけ両プロット図の間で位相がずれていることを示している。

【0080】

図6Bは、 $v$ 軸について光強度分布測定装置18の測定面上の光強度 $I'a(u,v)$ 、 $I'o(u,v)$ をプロット図であり、 $v$ 軸方向の光線収差量 $\eta$ だけ両プロット図の間で位相がずれていることを示している。

【0081】

以上のようにして、第1の透過部がアイソプラナティック領域内にあれば、点物体とみなせる場合と同じように、光線収差（ $\varepsilon$ 、 $\eta$ ）を求めることができる。

【0082】

さらに、波面収差 $\phi$ と光線収差（ $\varepsilon$ 、 $\eta$ ）との関係として、 $R'$ を結像光束が参照球面と交わる位置と結像面で交わる位置との間の光路長とすると、以下の式（1）及び式（2）が成り立つ。

【0083】

$$\varepsilon(x, y) = R' \cdot (\partial \phi / \partial x) \quad \dots\dots (1)$$

$$\eta(x, y) = R' \cdot (\partial \phi / \partial y) \quad \dots\dots (2)$$

この関係から波面収差 $\phi$ を求めることができる。この関係は、例えば、Max Born、Emill Wolf、“Principles of Optics 6th Edition”、Chapter V、1993、Pergamon Pressに記載されている。

## 【 0 0 8 4 】

以上述べた方法によれば、投影露光装置用として実用化されているナイフエッジやスリット、バーチャートなどによる結像性能測定装置と同程度の規模で波面収差測定装置を構成し、これを投影露光装置に組み込むことが可能となる。

## 【 0 0 8 5 】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

## 【 0 0 8 6 】

## 〔実施形態 1〕

図 7 に本発明の第 1 実施形態に係る投影露光装置を示した。図 7 に示す投影露光装置は、投影光学系 1 0 の結像性能を測定するためのマスクとして、第 1 の透過部（光学素子） 1 1 を有するマスク 1 2 と、第 2 の透過部 1 7 T を有するマスク 1 7 M とを有する。マスク 1 2 は、マスクホルダ 1 2 H によって保持される。また、この投影露光装置は、投影光学系 1 0 の結像性能を測定するための装置として、光強度分布測定装置 1 8 を有する。この露光装置によりデバイス回路パターンでウエハが露光され、その後、現像、エッチングを受ける。投影光学系 1 0 の物体面には、半導体ウエハ等のフォトリソグラフィ工程においては、回路パターン等のマスクパターン 1 2 P が形成されたマスク 1 2 が保持される。この実施形態では、マスク 1 2 にマスクパターン 1 2 P と第 1 の透過部（光学素子） 1 1 の双方が設けられている。しかし、マスクパターン 1 2 P と第 1 の透過部 1 1 は別個のマスクに設けられてもよい。

## 【 0 0 8 7 】

照明系 1 6 は、この例では、回路パターン（マスクパターン）の照明系と、測定用パターンとしての第 1 の透過部 1 1 の照明系とを兼ねている。照明系 1 6 から出射した光束は、投影光学系 1 0 の物体面（物体側焦点位置）の近傍に配置された第 1 の透過部 1 1 が形成されたマスク 1 2 を通過し、投影光学系 1 0 により、第 1 の透過部 1 1 の像を投影光学系 1 0 の像側焦点位置に結像する。この光束は、第 1 の透過部 1 1 の像の結像位置近傍に配置された第 2 の透過部 1 7 T を通過し、光強度分布測定装置 1 8 の測定面に到達し、ここで光強度分布が測定される。第 2 の透過部 1 7 T を有する第 2 の透過部 1 7 M と、光強度分布測定装置 1

8はウェハステージ14上に設けてあり、第2の透過部17Mは第1の透過部11の像の結像位置近傍に位置合わせされる。制御装置19は、アクチュエータ(図9の31)を制御して、第2のマスク17M(第2の透過部17T)を投影光学系10の光軸AXに垂直な面(像面)内で走査する。信号処理装置20は、光強度分布測定装置18で計測された光強度分布(走査に伴う変化)の信号を処理して、投影光学系10の波面収差等の収差を求める。ウェハステージ14上にはウェハチャック13が搭載されており、ウェハステージ14は駆動装置15によって駆動される。

## 【0088】

照明系16から出射する光束は、第1の透過部11を通過した光束が投影光学系10の入射瞳を十分に覆うものであるとする。これは、例えば、照明系16を、その開口絞りを交換することにより、 $\sigma=1$ の照明系とすることによって実現される。

## 【0089】

第1の透過部11は、投影光学系10のアイソプラナティック領域より小さいものとする。半導体露光装置の投影系の場合、目安として画面サイズの数%以内がアイソプラナティック領域とみなされる。したがって、6"マスクを用いる半導体露光装置の場合、第1の透過部11の大きさは、数ミリ以内が必要である。

## 【0090】

図8は、第1の透過部11としての矩形開口を、マスク12上に $10 \times 10$ のマトリクス状に配置した例である。このように、第1の透過部11を複数個配置し、それぞれの結像位置で結像性能を測定することにより、投影光学系10の複数像点において結像性能が計測できる。

## 【0091】

図9は、第2の透過部17Tと光強度分布測定装置18の部分を拡大図示したものである。第2の透過部17T及び光強度分布測定装置18は、それらを保持するウェハステージ14により、第2の透過部17Tが第1の透過部11の像の結像位置近傍に配置されるように位置合わせされる。また、光強度分布測定装置18の光強度測定面(受光面)上の位置は、投影光学系の射出瞳上の位置と1

対 1 の関係を有する。これは、例えば、光強度分布の検出装置 18 の光強度測定面を、ある程度投影光学系の結像位置から光軸 AX 方向へ離すことによって実現できる。あるいは、投影光学系 10 の出射瞳を光強度測定装置 18 の光強度測定面に結像させる瞳結像光学系を使用することによっても実現できる。ここで、該瞳結像光学系の物体側焦点位置は第 2 の透過部 17 T の位置に一致し、像側焦点位置は光強度測定面に一致する。光強度検出装置 18 は、例えば、多数の画素が 2 次元配置された固体撮像素子を有する。該固体撮像素子の撮像領域は、投影光学系 10 の瞳を十分にカバーするように決定される。

## 【0092】

このような状態で、第 2 の透過部 17 T をアクチュエータ 31 により光軸 AX に垂直な平面に沿って走査する。この時の、第 2 の透過部 17 T の位置 ( $u$ ,  $v$ ) に対する光強度分布測定装置 18 の固体撮像素子の各受光単位 (画素) の光強度の変化を光強度分布として信号処理装置 20 により検出することで、光線収差 ( $\varepsilon(x, y)$ ,  $\eta(x, y)$ ) が得られる。ただし、( $x$ ,  $y$ ) は、光強度分布測定装置 18 の測定面上の位置座標であり、かつ投影光学系 10 の射出瞳面の座標と 1 対 1 に対応している。さらに、このようにして得られた光線収差から、前述の式 (1)、式 (2) に基づいて信号処理装置 20 により、波面収差  $\phi(x, y)$  が求められる。

## 【0093】

一般に、 $R'$  は、収差に依存する量であり、式 (1)、(2) より波面収差を求めるには複雑な処理を必要とする。

## 【0094】

以下、式 (1)、(2) により波面収差  $\phi$  を求めるための実用的な例を記す。

## 【0095】

図 10 は、投影光学系 10 の射出瞳、結像面、光強度分布測定面における波面と、光線の間を説明するための図である。ここに、XYZ は、投影光学系 10 の射出瞳の中心を原点、光軸 AX 方向を Z 軸とする座標系である。又、W は、第 1 の透過部 11 から出射し投影光学系 10 により形成される結像光束の波面で、射出瞳の中心を通る波面である。又、G は、参照球面である。又、C は、投影光

学系 1 0 の結像面である。又、D は、光強度分布測定装置 1 8 の強度分布測定面である。又、 $O_1$  は、投影光学系 1 0 の射出瞳の中心である。又、 $O_2$  は、参照球面の中心である。

【 0 0 9 6 】

更に、

$P_1$  : 第 1 の透過部 1 1 の結像光束が射出瞳面と交わる点。

【 0 0 9 7 】

$P_2$  : 第 1 の透過部 1 1 の結像光束が結像面 C と交わる点。

【 0 0 9 8 】

$P_3$  : 第 1 の透過部 1 1 の結像光束が光強度分布測定装置 1 8 の強度分布測定面 D と交わる点。

【 0 0 9 9 】

$Q_0$  : 第 1 の透過部 1 1 の結像光束の最大 NA 光束が参照球面と交わる点。

【 0 1 0 0 】

$Q_1$  : 第 1 の透過部 1 1 の結像光束が波面 W と交わる点。

【 0 1 0 1 】

$Q_2$  : 第 1 の透過部 1 1 の結像光束が参照球面と交わる点。

【 0 1 0 2 】

$Q_3$  : 直線  $Q_2 O_2$  が強度分布測定面 B と交わる点。これは、無収差の場合第 1 の透過部 1 1 の結像光束が強度分布測定面 B と交わる点となる。

【 0 1 0 3 】

$Q_4$  : 直線  $Q_0 O_2$  が強度分布測定面 B と交わる点。これは、無収差の場合、第 1 パターン 1 1 の最外結像光束が強度分布測定面 D と交わる点となる。

【 0 1 0 4 】

R : 参照球面の半径

$R'$  : 距離  $Q_2 P_2$

L : 距離  $Q_2 Q_3$

$L'$  : 距離  $Q_2 P_3$

$\phi$  : 投影光学系 1 0 の波面収差 (光路長  $Q_1 Q_2$ )



( $\varepsilon$ ,  $\eta$ ) : 光線収差 (線分  $O_2 P_2$ )

( $\alpha$ ,  $\beta$ ) : 強度分布測定面 B での光線収差 (線分  $Q_3 P_3$ )

$H_0$  : 投影光学系 10 の射出瞳最大半径

$NA_0$  : 投影光学系 10 の射出瞳最大半径に対応する開口数  $NA_0 = H_0 / R$

$x, y$  座標 : 投影光学系 10 の射出瞳最大半径で規格化した  $X, Y$  座標

$$X = H_0 \cdot x, Y = H_0 \cdot y$$

$H'_0$  : 投影光学系 10 の射出瞳から無収差で出た全光束が強度分布測定面で交わる領域の最大半径

$$H'_0 = NA_0 \cdot (L - R)$$

とする。

【0105】

この時、前述の波面収差と光線収差の関係から、

【0106】

【数 1】

$$\varepsilon = R' \frac{\partial \phi}{\partial X} = R \left( 1 + \frac{\Delta R}{R} \right) \frac{\partial \phi}{\partial X}$$

$$\eta = R' \frac{\partial \phi}{\partial Y} = R \left( 1 + \frac{\Delta R}{R} \right) \frac{\partial \phi}{\partial Y}$$

ただし、 $\Delta R = R' - R$

$$\alpha = L' \frac{\partial \phi}{\partial X} = L \left( 1 + \frac{\Delta L}{L} \right) \frac{\partial \phi}{\partial X}$$

$$\beta = L' \frac{\partial \phi}{\partial Y} = L \left( 1 + \frac{\Delta L}{L} \right) \frac{\partial \phi}{\partial Y}$$

ただし、 $\Delta L = L' - L$

上式を瞳の最大半径  $H_0$  で規格化した座標で表わすと、図 15 の式 (3)、式 (4)、式 (5)、式 (6) のようになる。

【0107】

又、第 1 の透過部 11 の結像光束が参照球面と交わる点  $Q_2$  と、強度分布測定面 B と交わる点  $P_3$  との関係を求める。第 1 の透過部 11 の結像光束が参照球面と交わる点  $Q_2$  ( $X, Y$ ) から無収差で光束が出た場合に該光束が強度分布測定

面Bと交わる点を $Q_3 (X', Y')$ 、また、第1の透過部11の結像光束が強度分布測定面Bと交わる点を $P_3 (X'', Y'')$ とすると、無収差の位置から収差の分だけずれているから、図16の式(7)、式(8)が成り立つ。

【0108】

第1の透過部11の結像光束が参照球面と交わる点 $Q_2 (X, Y)$ から無収差で光束が出た場合に該光束が強度分布測定面Dと交わる点を $Q_3 (X', Y')$ とすると、図10の規格化座標との関係から、図16の式(9)、式(10)が成り立つ。

【0109】

従って、式(7)、(8)、(9)、(10)から、

【0110】

【数2】

$$\frac{X''}{H'_0} = \frac{X'}{H'_0} + \frac{\alpha}{H'_0} = x + \frac{\alpha}{H'_0}$$

$$\frac{Y''}{H'_0} = \frac{Y'}{H'_0} + \frac{\beta}{H'_0} = y + \frac{\beta}{H'_0}$$

従って、第1の透過部11の結像光束が参照球面と交わる点 $Q_2 (x, y)$ 、強度分布測定面Dと交わる点 $P_3 (X'', Y'')$ との関係として、図16の式(11)、式(12)が得られる。

【0111】

以上の関係(3)、(4)、(5)、(6)、(11)、(12)より、図17の式(13)、式(14)、式(15)、式(16)が成り立つ領域において、波面収差と光線収差との関係は、規格化座標 $(x, y)$ で、図17の式(3')、式(4')によって表すことができる。

【0112】

また、第1の透過部11の結像光束が参照球面と交わる点 $Q_2$ の規格化座標 $(x, y)$ と、強度分布測定面Bと交わる点を $P_3 (X'', Y'')$ との関係は、図17の式(11')、式(12')で表される。

【0113】

上式(9)、(10)、(11')、(12')において、 $NA_0$  及び  $H'_0$

は収差に存在しない固定値であるから、通常の数値積分によって波面収差を求めることができる。

【0 1 1 4】

半導体露光装置の投影光学系の場合、通常

【0 1 1 5】

【数 3】

$\frac{\Delta R}{R}, \frac{\Delta L}{L}$  は、 $10^{-6}$  以下

$\frac{\alpha}{H'_0} = \frac{1}{H'_0} \cdot \frac{L}{R} \cdot \varepsilon, \frac{\beta}{H'_0} = \frac{1}{H'_0} \cdot \frac{L}{R} \cdot \eta$  は、 $10^{-5}$  以下

とすることができるから、式 (9), (10), (11'), (12') により、波面収差を求めることは、十分に実用的である。

【0 1 1 6】

〔実施形態 2〕

本発明の第 2 実施形態を図 11 を用いて説明する。本実施形態は、レチクル 12 の回路パターン（転写パターン）12P の結像面上に第 1 の透過部 11 を配置し、この第 1 の透過部 11 を所定の照明条件で照明し、投影光学系 10 を介してレチクル 12 側に形成される第 1 の透過部の像の結像位置近傍に第 2 の透過部 17 を配置した投影露光装置に関する。第 1 の透過部 11 はウエハーステージ 14 上に配置され、ウエハーステージ 14 上に構成された第 2 照明系 21 で照明される。第 2 照明系 21 は光源として、例えばファイバー型のライトガイドなどによる引き回し系 22 を介して第 1 照明系 16 から導かれる光を用いることができる。第 1 の透過部 11 及び第 2 照明系 21 は、ウエハーステージ 14 により第 1 の透過部 11 が転写パターン 12P の結像面上にの位置、すなわち収差を測定する位置へ移動する。第 1 の透過部 11 から発した光束は、投影光学系 10 により、投影光学系 10 のレチクル 12 側へ結像される。この結像光束はミラー 23 により折り曲げられ、それによってできる結像位置近傍に、第 2 の透過部 17T を有するマスク 17M が配置されている。マスク 17M は、制御装置 19 によって制御されるアクチュエータによって、投影光学系 10 の物体面（マスクパターン 1

2 P が配置される面) と共役な面に沿って走査される。その他、図中の番号は、図 7 と同じものを示している。

#### 【 0 1 1 7 】

図 1 2 は、図 1 1 の第 2 照明系 2 1 の例である。ファイバー型のライトガイドによる引き回し系 2 2 により第 1 照明系 1 6 から導かれた光束が、ファイバー型のライトガイド端 4 1 から発し、集光レンズ 4 2 により投影光学系 1 0 に対して  $\sigma = 1$  以上の光束に発散するように、第 1 の透過部 1 1 を有する 1 1 M を照明する。

#### 【 0 1 1 8 】

##### 〔実施形態 3〕

図 1 3 は本発明による第 3 実施形態である。本実施形態では、照明系 1 6 が投影光学 1 0 を介して、第 1 実施形態の第 1 の透過部 1 1 に相当する反射体 (光学素子) 1 1 0 を照明し、該反射体 1 1 0 で散乱反射された光束を利用して投影光学系の波面収差等を計測する。反射体 1 1 0 は、ウエハーステージ 1 4 上に配置されており、ウエハーステージ 1 4 によりレチクルパターン 1 2 P の結像面上の位置、すなわち収差を測定するための位置へ、位置合わせされる。

#### 【 0 1 1 9 】

この実施の形態では、転写パターン 1 2 P を照明する照明系が反射体 1 1 0 を照明する照明系を兼ねており、第 1 の反射体 1 1 と共役な部分に透過部を有するマスク 1 2、半透光性のミラー 2 4、並びに投影光学系 1 0 を介して、第 1 の反射体 1 1 0 を照明する。ここで、マスク 1 2 はなくともよい。反射体 1 1 0 で散乱反射された光束は投影光学系 1 0 により、投影光学系 1 0 のレチクル側に結像する。この結像光束を半透過性のミラー 2 4 により反射して光路を折り曲げられ、それによってできる結像位置近傍に透過部 1 7 T を配置した構成である。マスク 1 7 M は、制御装置 1 9 によって制御されるアクチュエータによって、投影光学系 1 0 の物体面 (マスクパターン 1 2 P が配置される面) と共役な面に沿って走査される。その他、図中の番号は、図 7 と同じものを示している。

#### 【 0 1 2 0 】

##### 〔実施形態 4〕

図 1 4 は本発明による第 4 の実施形態である。本実施形態では、第 2 照明系 2 5 が投影光学系 1 0 を介して反射体（光学素子）1 1 0 を照明する。すなわち、本実施形態では、転写パターン 1 2 P を照明する第 1 光源 1 6 とは別に、反射体 1 1 0 を照明するための第 2 光源が設けられている。反射体 1 1 0 はウェハースステージ 1 4 上に配置されており、ウェハースステージ 1 4 により、転写パターン 1 2 P の結像面上の収差を測定するための位置へ、位置合わせされる。

#### 【0 1 2 1】

第 2 照明系 2 5 は、反射体 1 1 0 と共役な部分に透過部を有するマスク 1 2、半透光性のミラー 2 4、並びに投影光学系 1 0 を介して反射体 1 1 0 を照明する。ここで、マスク 1 2 はなくともよい。反射体 1 1 0 で散乱反射された光束は、投影光学系 1 0 により、投影光学系 1 0 のマスク側に結像する。この結像光束は半透過性ミラー 2 4 により折り曲げられ、それによってできる結像位置近傍にマスク 1 7 M を配置した構成である。マスク 1 7 M は、制御装置 1 9 によって制御されるアクチュエータによって、投影光学系 1 0 の物体面（マスクパターン 1 2 P が配置される面）と共役な面に沿って走査される。その他、図中の番号は、図 7 と同じものを示している。

#### 【0 1 2 2】

以上説明した実施形態 1 ～ 4 の各投影露光装置は、投影光学系 1 0 を構成する複数の光学素子のうち複数のレンズが光軸方向及び／又は光軸直交方向へ移動可能に指示してあり、不図示の収差調節用の駆動系により、前述の方法と装置を用いて得た波面収差情報にもとづいて、一つ又は複数のレンズを動かすことにより、光学系 1 0 の一種または複数值の収差（とくにザイデルの 5 収差）を補正したり、最適化したりすることができる。また、光学系 1 0 の収差を調整する手段としては、可動レンズ以外に、可動ミラー（光学系がカタディオプトリック系のとき）や、傾動できる平行平板や、圧力制御可能な空間などさまざまな公知の系を用いるものが適用できる。

#### 【0 1 2 3】

#### 〔実施形態 5〕

図 1 8 に本発明の第 5 実施形態に係る投影露光装置を示す図である。照明系 1

6 から出射された光束は、第 1 の透過部（光学素子）1 1 が形成されたマスク 1 2 を通過し、投影光学系 1 0 を通して、第 1 の透過部 1 1 の像を投影光学系 1 0 の像側焦点位置に結像する。この光束は、第 1 の透過部 1 1 の結像位置近傍に配置された第 2 の透過部 1 7 T を通過し、光強度分布測定装置 1 8 の測定面に到達し、ここで光強度分布が測定される。第 2 の透過部 1 7 T が形成された第 2 のマスク 1 7 M と、光強度分布測定装置 1 8 は、ウエハステージ 1 4 上に搭載され、第 1 の透過部 1 1 の結像位置近傍に位置合わせされる。制御装置 1 9 は、アクチュエータ 3 1 を制御して、第 2 の透過部 1 7 M を投影光学系 1 0 の光軸 A X に垂直な面内で走査する。信号処理装置 2 0 は、光強度分布測定装置 1 8 で計測された光強度分布（走査に伴う変化）の信号を処理して、投影光学系 1 0 の波面収差を求める。

## 【 0 1 2 4 】

なお、第 1 の透過部 1 1 は、ウエハ W に転写すべき転写パターンが形成されたマスクに形成されてもよい。第 1 の透過部 1 1 及び転写パターンを照明する照明系は、共通に設けられてもよいし、別個に設けられてもよい。

## 【 0 1 2 5 】

照明系 1 6 から出射される光束は、第 1 の透過部 1 1 を通過した光束が投影光学系 1 0 の入射瞳を十分に覆うものであるとする。これは、例えば、照明系 1 6 の開口数と投影光学系 1 0 のマスク 1 2 側の開口数とを等しくすることによって実現される。

## 【 0 1 2 6 】

第 1 の透過部 1 1 は、投影光学系 1 0 のアイソプラナティック領域より小さいものとする。半導体露光装置の投影系の場合、目安として画面サイズの数%以内がアイソプラナティック領域とみなされる。したがって、6" マスクを用いる半導体露光装置の場合、第 1 の透過部 1 1 の大きさは、数ミリ以内となる。

## 【 0 1 2 7 】

図 8 は、第 1 の透過部 1 1 としての矩形開口を、マスク 1 2 上に  $10 \times 10$  のマトリクス状に配置した例である。このように、第 1 の透過部 1 1 を複数個配置し、それぞれの結像位置で結像性能を測定することにより、複数の像点において

投影光学系 1 0 の結像性能が計測できる。

【 0 1 2 8 】

図 9 は、第 2 の透過部 1 7 T と光強度分布測定装置 1 8 の部分を拡大図示したものである。第 2 の透過部 1 7 T と光強度分布測定装置 1 8 は、ウエハステージ 1 4 により第 2 の透過部 1 7 T が第 1 の透過部 1 1 の結像位置（投影光学系 1 0 の像側の焦点位置）近傍となるように位置合わせされる。

【 0 1 2 9 】

また、光強度分布測定装置 1 8 の光強度測定面上の位置は投影光学系 1 0 の射出瞳上の位置と 1 対 1 の関係を有する。これは、例えば、光強度分布の検出装置 1 8 を、ある程度投影光学系の結像位置から離すことによって実現できる。あるいは、投影光学系 1 0 の出射瞳を光強度分布測定装置 1 8 の光強度測定面に結像させる瞳結像光学系を使用することによっても実現できる。ここで、該瞳結像光学系の物体側焦点位置は第 2 の透過部 1 7 T の位置に一致し、像側焦点位置は光強度測定面に一致する。

【 0 1 3 0 】

光強度測定装置 1 8 は、例えば、多数の画素が 2 次元配置された固体撮像素子を有する。該固体撮像素子の撮像領域は、投影光学系 1 0 の瞳を十分にカバーするように決定される。

【 0 1 3 1 】

このような状態で、第 2 の透過部 1 7 T をアクチュエータ 3 1 により光軸 A X に垂直な平面を走査する。この時の、第 2 の透過部 1 7 T の位置 (u, v) に対する光強度分布測定装置 1 8 の固体撮像素子の各画素によって検出される光強度の変化（光強度分布）を信号処理装置 2 0 が取り込み、これ进行处理することにより、光線収差 ( $\varepsilon(x, y)$ 、 $\eta(x, y)$ ) が得られる。ただし、(x, y) は、光強度分布測定装置 1 8 の測定面上の位置座標であり、投影光学系 1 0 の射出瞳面の座標と 1 対 1 に対応している。さらに、このようにして得られた光線収差から、前述の式 (1) 式 (2) に基づいて信号処理装置 2 0 により、波面収差  $\phi(x, y)$  が求められる。

【 0 1 3 2 】

## 〔実施形態 6〕

図 1 9 は、本発明の第 6 の実施例に係わる、投影光学系の結像性能を測定するための第 1 の透過部、第 2 の透過部、光強度分布測定装置とを設けた、投影露光装置を示す図である。

## 【0133】

照明系 1 6 は、転写パターン 1 2 P 及び第 1 の透過部 1 1 を照明する。転写パターン 1 2 P 及び第 1 の透過部 1 1 はマスク 1 2 に形成されている。ただし、両パターンは別個のマスクに形成されてもよい。

## 【0134】

転写パターン 1 2 P を基板に転写する際、照明系 1 6 から出射された光束は、転写パターン 1 2 P を通過し、投影光学系 1 0 を通して、転写パターン 1 2 P の像を投影光学系 1 0 の像側焦点位置、すなわち、ウエハステージ 1 4 上のウエハ W に結像させる。

## 【0135】

この実施例では、照明系 1 6、第 1 の透過部 1 1、測定ユニット 1 0 2 により、投影光学系 1 0 の波面収差が計測される。測定ユニット 1 0 2 は、第 2 の透過部 1 7 T と光強度分布測定装置 1 0 4 とが一体化された構造を有する。

## 【0136】

図 2 0 は、測定ユニット 1 0 2 の詳細図である。この測定ユニット 1 0 2 は、瞳結像光学系 1 0 3 と、CCD 等の 2 次元固体撮像素子 1 0 5 を有する光強度分布測定装置 1 0 4 とを備えている。

## 【0137】

照明系 1 6 から出射された光束は、図 8 に示すような複数の第 1 の透過部 1 1 が形成されたマスク 1 2 の該複数の透過部を通過し、投影光学系 1 0 を通過して、第 1 の透過部 1 1 の像を投影光学系 1 0 の像側焦点位置に結像する。この光束は、第 1 の透過部 1 1 の結像位置近傍に配置された第 2 の透過部 1 7 T を通過し、瞳結像光学系 1 0 3 を介して、固体撮像素子 1 0 5 に到達し、光強度分布が測定される。

## 【0138】



アクチュエータとしてのウエハステージ 1 4 を駆動することにより測定ユニット 1 0 2 を投影光学系 1 0 の光軸 A X に垂直な面内で走査しながら、固体撮像素子 1 0 5 上の光強度の変化を測定することにより、上記の各実施形態と同様に投影光学系 1 0 の波面収差を測定することができる。

## 【 0 1 3 9 】

瞳結像光学系 1 0 3 は、焦点距離  $f$  のコリメーターレンズであり、物体側焦点面が第 2 の透過部 1 7 T の位置、像側焦点面が 2 次元固体撮像素子 1 0 5 の受光面の位置となるように測定ユニット 1 0 2 内に構成され、2 次元固体撮像素子 1 0 5 は瞳結像光学系 1 0 3 により投影光学系 1 0 の射出瞳と共役となっている。

## 【 0 1 4 0 】

図 2 1 は、測定ユニット 1 0 2 を図 1 0 の  $x$  方向においてマイナスからプラス方向に走査したときの、測定ユニット 1 0 2 を基準とした座標系で観察した結像の様子を示す。第 2 の透過部 1 7 T は省略してある。

## 【 0 1 4 1 】

測定ユニット 1 0 2 を  $x$  方向に走査すると、最初 A の位置に合った結像点が A から B、そして C と移動するが、第 1 の透過部 1 1 の像は投影光学系 1 0 により第 2 の透過部 1 7 T の位置に結像していて、瞳結像光学系 1 0 3 の物体側焦点面と第 2 の透過部 1 7 T の位置とが一致し、瞳結像光学系 1 0 3 の像側焦点面と 2 次元固体撮像素子 1 0 5 の受光面の位置とが一致しているため、2 次元固体撮像素子 1 0 5 上に結像される投影光学系 1 0 の射出瞳の像の位置は、測定ユニット 1 0 2 を走査しても移動せず、射出瞳の一点は常に 2 次元固体撮像素子 1 0 5 上の一点に結像されることとなる。

## 【 0 1 4 2 】

この状態で、測定ユニット 1 0 2 を投影光学系 1 0 の光軸 A X と垂直方向に走査することで、上記の各実施形態と同様に投影光学系 1 0 の波面収差を測定することができる。

## 【 0 1 4 3 】

本発明の第 6 の実施形態によると、測定ユニット 1 0 2 を使用することで、ウエハステージ 1 4 上に配置する要素を簡素化することができ、装置実装上有利で

ある。

【0144】

〔実施形態7〕

次に、この発明に係る第7の実施形態について、図22を参照しながら説明する。

【0145】

図22は、第7の実施形態に係る投影露光装置100を示すものであり、この投影露光装置100には、結像性能を測定するための第1の透過部（光学素子）11を有するマスク12と、補助照明系113と、投影光学系114と、第2の透過部115を有するマスク115Aと、光強度分布測定装置116と、ウェハーステージ117とを備えている。

【0146】

第1の透過部11は、マスク12に形成されており、投影光学系114のアイソプラナティック領域より小さいものとする。半導体露光装置での投影系の場合、目安として画面サイズの数%以内がアイソプラナティック領域とみなされる。したがって、6''マスクを用いる半導体露光装置の場合、第1の透過部11の大きさは、数ミリ以内であることが必要である。なお、図8は、第1の透過部11として、矩形開口を、マスク12上に10×10のマトリクス状に配置したものである。このように、第1の透過部11を複数個配置し、それぞれの結像位置で結像性能を測定することにより、複数像点での結像性能が計測できる。

【0147】

補助照明系113は、この実施形態では主照明系を兼ねている。この補助照明系113から出射する光束は、第1の透過部11を通過した光束が投影光学系114の入射瞳を十分に覆うものであるとする。これは、例えば、補助照明系113を $\sigma = 1$ の照明系とすることによって実現される。

【0148】

投影光学系114は、この補助照明系113から出射され第1の透過部11及びマスク12を通過した光束を結像させるようになっている。また、この結像光束は、第1の透過部11の結像位置近傍に配置された第2の透過部115を透過

し、光強度分布測定装置 1 1 6 の測定面に到達し、ここで光強度分布が測定されるようになっている。

【 0 1 4 9 】

第 2 の透過部 1 1 5 を設けたマスク 1 1 5 A と光強度分布検出装置 1 1 6 とは、ウェハーステージ 1 1 7 に搭載されており、第 1 の透過部 1 1 の結像位置近傍に位置合わせされている。また、この第 2 の透過部 1 1 5 は、制御装置 1 1 5 D によって制御されるアクチュエータ 1 1 5 C によって光軸 P に垂直な面内で走査されるようになっている。また、光強度分布検出装置 1 1 6 には、光強度分布の信号処理装置 1 1 6 A が接続されている。

【 0 1 5 0 】

ウェハーステージ 1 1 7 には、ウェハーチャック 1 1 7 A を備えおり、駆動装置 1 1 7 B で駆動されるようになっている。

【 0 1 5 1 】

次に、図 2 3 は、第 2 の透過部 1 1 5 と光強度分布測定装置 1 1 6 の部分を拡大した説明図である。

【 0 1 5 2 】

第 2 の透過部 1 1 5 と光強度分布測定装置 1 1 6 は、ウェハーステージ 1 1 7 により第 2 の透過部 1 1 5 が第 1 の透過部 1 1 の像の結像位置近傍となるように位置合わせされる。また、光強度分布測定装置 1 1 6 の光強度測定面上の位置は投影光学系 1 1 4 の射出瞳上の位置と 1 対 1 の対応がとれる程度に広がりのある位置に配置される。これは、たとえば、光強度分布測定装置 1 1 6 を、ある程度投影光学系 1 1 4 の結像位置から離すことによって実現できる。あるいは、瞳結像光学系を使用することによっても実現できる。

【 0 1 5 3 】

光強度分布測定装置 1 1 6 は、例えば、2 次元固体撮像素子を用い各画素を受光単位とすることによって、個々の受光単位が補足する光束の断面積の合計が前記投影光学系 1 1 4 の瞳上において瞳の面積を十分に覆うように構成される。

【 0 1 5 4 】

次に、この実施形態に係る投影露光装置 1 の作用について説明する。

## 【 0 1 5 5 】

第 2 の透過部 1 1 5 は、アクチュエータ 1 1 5 C により光軸 P に垂直な平面を走査する。この時の透過部 1 1 5 の位置に対する光強度分布測定装置 1 1 6 の各受光単位（画素）の光強度変化を、光強度分布の信号処理装置 1 1 6 A により、前述した原理に基づき信号処理をすることにより、光線収差（ $\varepsilon(x, y)$ 、 $\eta(x, y)$ ）が得られる。ただし、 $(x, y)$  は、光強度分布測定装置 1 1 6 の光強度測定面 D 上の位置座標であり、かつ投影光学系 1 1 4 の射出瞳面の座標でもある。さらに、このようにして得られた光線収差から、前述の式（1）、式（2）、即ち

$$\varepsilon(x, y) = R' \cdot (\partial \phi / \partial x) \quad \dots\dots (1)$$

$$\eta(x, y) = R' \cdot (\partial \phi / \partial y) \quad \dots\dots (2)$$

に基づき、信号処理装置 1 1 6 A により波面収差  $\phi(x, y)$  が求められる。

## 【 0 1 5 6 】

## 〔実施形態 8〕

次に、この発明の第 8 の実施形態について図 2 4 を参照しながら説明する。

## 【 0 1 5 7 】

図 2 4 は、この発明の第 8 の実施形態に係る投影露光装置 2 0 0 を示すものであり、この投影露光装置 2 0 0 では、結像性能を測定するための第 1 の透過部 2 2 1 を有するマスク 2 2 1 A と、補助照明系 2 2 3 と、投影光学系 2 2 4 と、第 2 の透過部 2 2 5 を有するマスク 2 2 5 A と、光強度分布測定装置 2 2 6 と、ウェハーステージ 2 2 7 との他に、折曲光学系 2 2 8 と、反射光学系 2 2 9 とを備えている。

## 【 0 1 5 8 】

マスク 2 2 1 A には、円形開口等の第 1 の透過部（光学素子）2 2 1 が形成されている。

## 【 0 1 5 9 】

補助照明系 2 2 3 は、ここから出射した光束が、円形開口等の第 1 の透過部 2 2 1 が形成されたマスク 2 2 1 A を通過するように構成されている。また、この補助照明系 2 2 3 は、第 1 の透過部 2 2 1 を通過した光束が投影光学系 2 2 4 の

入射瞳を十分に覆うような照明状態となるように、例えば $\sigma = 1$ の照明系とされている。

## 【0160】

投影光学系224は、補助照明系223から出射され折曲光学系228を透過してきた光束を、後述する反射光学系229の曲率中心位置に結像させるようになっている。

## 【0161】

マスク225Aには、開口スリット等の第2の透過部225が形成されている。この第2の透過部225は、アクチュエータ225Cにより、折曲光学系228で偏向された投影光学系224の光軸Pと垂直なz方向及びy方向に沿って移動可能となっている。また、アクチュエータ225Cは、アクチュエータ制御装置225Dにより制御されており、アクチュエータ225Cの移動量をデータとして信号処理装置226Aに転送するようになっている。

## 【0162】

光強度分布測定装置226は、図25のように、瞳結像光学系226Bと固体撮像素子226Cとを備えており、固体撮像素子226Cは瞳結像光学系226Bにより投影光学系224の入射瞳と共役関係となっている。

## 【0163】

折曲光学系228は、半透性の部材（ハーフミラー）で構成されている。また、この折曲光学系228は、次に説明する反射光学系229で折り返されて再び投影光学系224を透過した光束の光路を変えるようになっている。なお、この光束は、この折り曲げられた光路上で第1の透過部221の像を結像点に結び、この像の近傍に配置されたマスク225Aの開口スリットなどの第2の透過部225を通過するようになっている。また、この第2の透過部225通過後の光束は、光強度分布測定装置226の光強度測定面に到達し、そこで光強度が測定されるようになっている。

## 【0164】

反射光学系229は、第1の透過部221から出射されて投影光学系224を通過して結像する光束の結像位置と曲率中心が一致するように配置された球面ミラ

一で構成されており、ここで折り返された後、再び投影光学系224を透過して第2の透過部225近傍で結像される。

## 【0165】

次に、この第8の実施形態に係る投影露光装置の作用について、図25を参照しながら説明する。

## 【0166】

図25は第2の透過部225と光強度分布測定装置226とについての部分拡大図である。

## 【0167】

投影光学系224を2度透過した光（往復した光）が第1の透過部221の像の理想結像点P0を通過するように、第2の透過部225をアクチュエータ225Cにより、図25の $-z$ 方向から $+z$ 方向に走査する。この走査において、投影光学系224の瞳の中心を透過してきた主光線A0は、第2の透過部225としての開口スリットの上側の端が理想結像位置P0を横切ってから、下側の端が理想結像位置P0をよこぎるまでの間、第2の透過部225を通過し、光強度分布測定装置226でその光強度が観測される。

## 【0168】

このときの、スリット走査に伴う光強度分布を、横軸にスリット位置、縦軸に光強度をとってグラフにすると、図26の（B）のようになる。スリット位置に対する光強度は、スリット幅Lと第2の透過部221の円形開口像の直径 $\rho$ に対応する間だけ光強度を持った形状となる。

## 【0169】

同様に、図25において、 $z$ 方向に横収差 $\varepsilon$ を持った光線Aについて考える。この光線Aは理想結像面から $z$ 方向に $\varepsilon$ 離れたP1の位置を通過するので、光線Aは、第2の透過部225の開口スリットの上端がP1を横切ってから下端がP1を横切るまでの間だけ、開口スリットを通過することになる。この時の、スリット位置に対する光強度分布は、図26の（A）のように、主光線A0の光強度分布に対して、 $\varepsilon$ だけ光強度形状がシフトしたものとなる。

## 【0170】

このように、主光線A<sub>0</sub>に対する、光強度形状のずれ量は横収差量に対応するため、光強度分布測定装置226において、瞳各点に対応する受光単位について、第2の透過部225の位置に対する光強度変化の様子を求め、主光線A<sub>0</sub>と瞳各点の光強度形状のずれ量を測定することで、瞳全面のz方向の横収差量が測定可能である。同様に、第2の透過部225をy方向に走査すると、y方向の横収差 $\eta$ を測定することが可能である。ただしy方向に走査する場合の開口スリットは、y方向に十分長いものとする。

## 【0171】

このようにして得られたz方向とy方向の横収差量( $\varepsilon$ 、 $\eta$ )は、レチクル側で測定されており、光束が投影光学系224を2度透過してきているので、投影光学系224の波面収差 $\phi$ との間について、次式

$$\varepsilon = - (1/NA_0) \cdot [\partial (2\phi) / \partial x] \dots\dots (17)$$

$$\eta = - (1/NA_0) \cdot [\partial (2\phi) / \partial y] \dots\dots (18)$$

の関係が成立する。ここで、NA<sub>0</sub>は、投影光学系224のレチクル側の開口数で、x、yは入射瞳上の座標で、瞳の径で規格化された値である。

## 【0172】

次に、先の式(17)、式(18)式を用いて、瞳全面に関して、x方向、y方向の横収差量( $\varepsilon$ 、 $\eta$ )の測定を行うことで、投影光学系224の波面収差 $\phi$ を求めることが可能となる。

## 【0173】

この第2の実施形態では、測定された横収差量( $\varepsilon$ 、 $\eta$ )は、投影光学系224の波面収差 $\phi$ の影響を2倍受け、レチクル側のNAはウエハー側のNAより小さいので、第7の実施形態で測定される横収差よりも大きな値となる。

## 【0174】

例えば投影光学系224の縮小倍率を5倍とし、瞳上の同一点における、第7の実施形態により測定される横収差量を $\varepsilon'$ 、本実施形態による横収差量を $\varepsilon$ とし、(1)式と(17)式を用いれば、これらの比は、

$$\begin{aligned} \varepsilon / \varepsilon' &= 2 \cdot (NA_i / NA_0) \\ &= 10 \text{ 倍} \end{aligned} \dots\dots (19)$$

となり、この実施形態の方が10倍大きな横収差量を観測することとなり、波面収差 $\phi$ の測定精度が大幅に向上することとなる。ここで、 $NA_i$ は投影光学系224のウェハー側の開口数であり、(19)式の計算においては、

$$(NA_i / NA_o) = 5$$

が投影光学系224の縮小倍率であることを使用した。また、この実施形態では、ウェハー側よりもレチクル側の方が、同一瞳点を通過してきた光束の角度が小さいために、光強度分布測定装置226内の瞳結像光学系226Bの構成が簡単になるという効果も得られる。

【0175】

[実施形態9]

次に、この発明の第9の実施形態について図27及び図28を参照しながら説明する。

【0176】

図27は、この発明の第9の実施形態に係る投影露光装置300を示すものであり、この投影露光装置300では、第8の実施形態のものと同様の、第1の透過部331を有するマスク331Aと、補助照明系333と、投影光学系334と、第2の透過部335を有するマスク（例えば、331Aと共通）と、ウェハーステージ337と、反射光学系339との他に、光強度分布測定装置336を備えている。

【0177】

反射光学系339は、第8実施形態のものと同様の球面ミラーを使用しているが、この球面ミラーの曲率中心位置を、第1の透過部331の結像位置近傍にて、光軸Pとは垂直な方向に偏心させて配置し、ここで反射して再び投影露光系334を透過してきた第1透過部331の像を、第1の透過部331に対して光軸Pとは垂直方向にずれた位置に結像させる。

【0178】

光強度分布測定装置336は、図27の要部拡大図である図28に示すように、瞳結像光学系336Bと、固体撮像素子336Cとの他に、反射鏡36Dを備えており、固体撮像素子336Cは瞳結像光学系336Bにより投影光学系33



4 の入射瞳と共役関係となっている。

【 0 1 7 9 】

この実施形態でも、理想結像位置 P o においてスリット等の第 2 の透過部 3 3 5 を有する第 2 のマスクを走査し、光強度分布測定装置 3 3 6 で光強度分布を測定する構成となっているが、本実施例の場合、第 8 の実施形態と比較して、半透性の光軸折り曲げ光学系 2 2 8 がないので、その分、光量損失が少ないという利点がある。

【 0 1 8 0 】

[ 実施形態 1 0 ]

次に、この発明の第 1 0 の実施形態について図 2 9 を参照しながら説明する。

【 0 1 8 1 】

図 2 9 に示す第 1 0 の実施形態では、投影露光装置 4 0 0 に、第 1 の透過部を有するマスク 4 4 1 と、マスク 4 4 1 A と、補助照明系 4 4 3 と、投影光学系 4 4 4 と、第 2 の透過部（走査パターン）を有するマスク 4 4 5 と、光強度分布測定装置 4 4 6 と、ウェハーステージ 4 4 7 と、反射光学系 4 4 9 と、引回し光学系 4 4 0 A 及びこの引回し光学系 4 4 0 A で伝播された光を照射する光照射系 4 4 0 B を備えている。

【 0 1 8 2 】

この実施形態では、ウェハーステージ 4 4 7 側に、円形開口等の第 1 の透過部を有する第 1 のマスク 4 4 1 と第 2 の透過部を有する第 2 のマスク 4 4 5 を配置した構成となっている。また、反射光学系 4 4 9 は、マスク 4 4 1 A 近辺に曲率中心を有し、投影光学系 4 4 4 の光軸に対して偏心して配置されている。

【 0 1 8 3 】

引回し光学系 4 4 0 A は、補助照明系 4 4 3 からウェハー側に光を引回すためのものであり、光ファイバーなどの光伝播手段を使用している。

【 0 1 8 4 】

また、光照射系 4 4 0 B には、円形開口等の第 1 の透過部を有するマスク 4 4 1 が設けられており、引回し光学系 4 4 0 A で引回してきた光を、該透過部を通して、投影光学系 4 4 4 に照射するようになっている。

## 【0185】

従って、この実施形態によれば、マスク441の透過部を通り投影光学系444を透過してきた光は、反射光学系449にて反射する。そして、この反射光学系449で反射した後に、再び投影光学系444を透過した光は、投影光学系444の光軸に垂直で、第1の透過部を有する第1のマスク441と同じ平面内に結像する。結像した光は第2の透過部を有する第2のマスク445にて走査され、光強度分布測定装置446にて、光強度分布が測定される。そして、第2のマスク445の第2の透過部の位置と光強度分布とを信号処理装置446Aで処理することで、投影光学系444の収差が測定される。

## 【0186】

## [半導体デバイスの製造方法]

次に、以上説明した投影露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。

## 【0187】

図30は、半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、あるいは液晶パネルやCCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。ステップ1（回路設計）では、半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3（ウエハ製造）では、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は、前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

## 【0188】

図31は、図30のステップ4のウエハプロセスの詳細なフローチャートであ

る。ステップ 1 1（酸化）では、ウエハの表面を酸化させる。ステップ 1 2（CVD）では、ウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 1 3（電極形成）では、ウエハ上に電極を蒸着等によって形成する。ステップ 1 4（イオン打ち込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 1 5（レジスト処理）ではウエハに感光材を塗布する。ステップ 1 6（露光）では、上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに露光する。ステップ 1 7（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ 1 8（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ 1 9（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0189】

本実施例の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高精度の半導体デバイスを製造することができる。

【0190】

【発明の効果】

以上説明した本発明によれば、実際に露光に使用する状態での投影光学系の波面収差の測定が実現され、投影光学系のより精密な調整や、収差の影響を受けにくいデバイスの設計が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

収差のある光学系の理想結像点 I P から外れた光線 A の光路図である。

【図 2】

第 2 の透過部を通過した光の光強度分布測定装置上の強度分布を示す図である。

【図 3】

第 2 の透過部が形成されたマスクの一例を示す図である。

【図 4 A】、

【図 4 B】

図に示す光線 A 及び P による光強度分布測定装置の測定面上における u 軸方向

、 $v$  軸方向の光強度分布図である。

【図 5】

第 2 の透過部をアイソプラナティック領域内の正方開口とした場合の結像点 I P 近傍の光束を説明する図である。

【図 6 A】、

【図 6 B】

図 5 に示す光束 A' 及び P' による光強度分布測定装置の測定面上における  $u$  軸方向、 $v$  軸方向の光強度分布図である。

【図 7】

本発明の第 1 実施形態の投影露光装置を示す図である。

【図 8】

第 1 の透過部としての矩形開口をマトリクス状に配置した例を示す図である。

【図 9】

第 2 の透過部と光強度分布測定装置の部分を拡大した図である。

【図 1 0】

投影光学系の出射瞳、結像面、光強度分布測定面における波面と光線と関係の説明するための図である。

【図 1 1】

本発明の第 2 実施形態の投影露光装置の概念図である。

【図 1 2】

図 1 1 の投影露光装置に用いる第 2 照明系の概念図である。

【図 1 3】

本発明の第 3 実施形態の投影露光装置の概念図である。

【図 1 4】

本発明の第 4 実施形態の投影露光装置の概念図である。

【図 1 5】

数式 (3) ～数式 (6) を示す図である。

【図 1 6】

数式 (7) ～数式 (1 2) を示す図である。

【図 1 7】

数式 (1 3) ~ 数式 (1 6)、及び数式 (3')、数式 (4')、数式 (1 1')、数式 (1 2') を示す図である。

【図 1 8】

本発明の第 5 実施形態の投影露光装置の概念図である。

【図 1 9】

本発明の第 6 実施形態の投影露光装置の概念図である。

【図 2 0】

本発明の第 6 実施形態の投影露光装置において用いられる測定ユニットの断面図である。

【図 2 1】

測定ユニットを走査したときの結像の様子を説明するための図である。

【図 2 2】

本発明の第 7 実施形態の投影露光装置を示す概略構成図である。

【図 2 3】

第 2 の透過部と光強度分布測定装置の部分を拡大した説明図である。

【図 2 4】

本発明の第 8 実施形態の投影露光装置を示す概略構成図である。

【図 2 5】

透過部と光強度分布測定装置とについての部分拡大図である。

【図 2 6】

スリットを有するマスクの走査に伴う光強度分布を示すものであり、(A) は主光線の光強度、(B) はスリット位置の光強度、をそれぞれ示すグラフである。

【図 2 7】

本発明の第 9 の実施形態に係る投影露光装置を示す概略構成図である。

【図 2 8】

本発明の第 9 の実施形態に係る投影露光装置の要部拡大図である。

【図 2 9】

本発明の第 1 0 の実施形態に係る投影露光装置を示す概略構成図である。

【図 3 0】

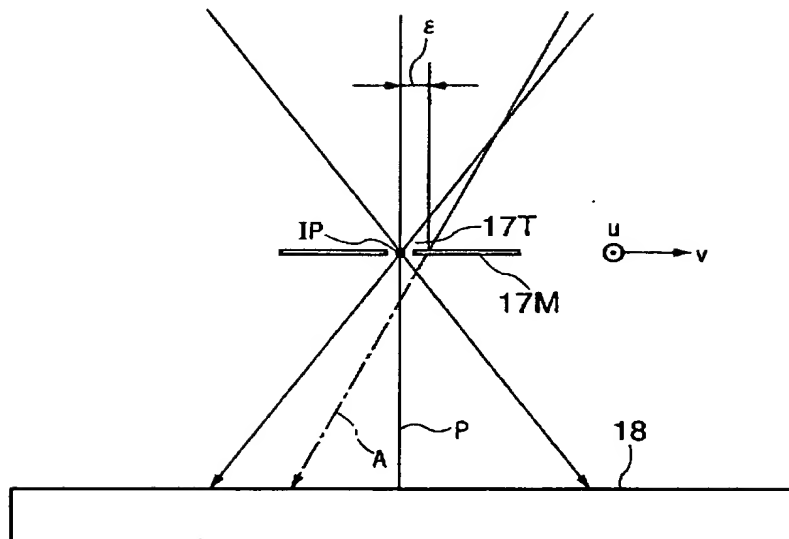
半導体デバイス製造工程のフローチャート

【図 3 1】

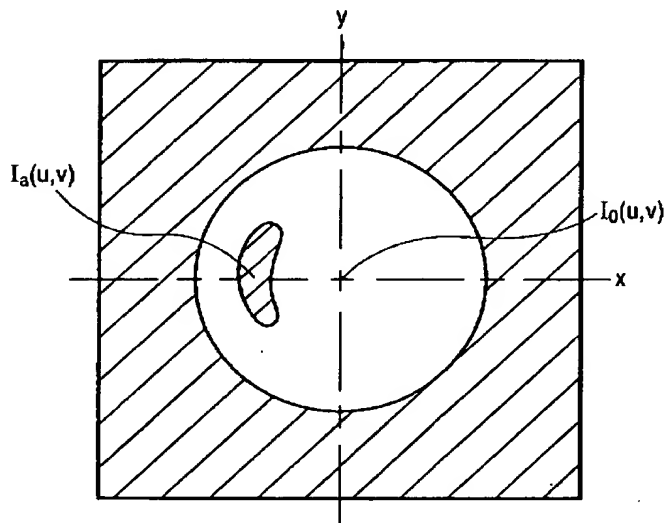
ウエハプロセスのフローチャート

【書類名】 図面

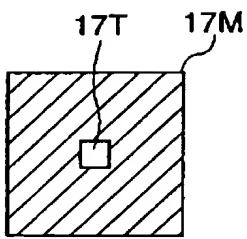
【図 1】



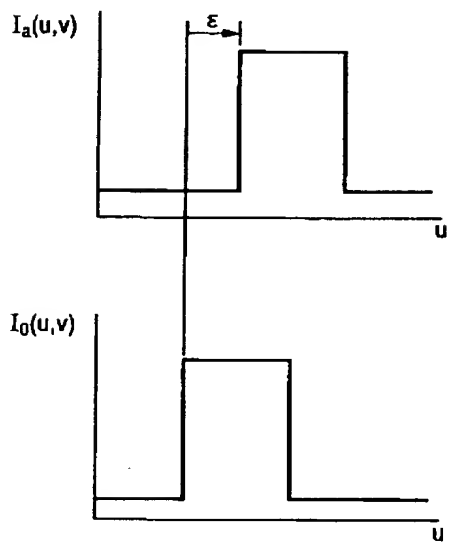
【図 2】



【図 3】

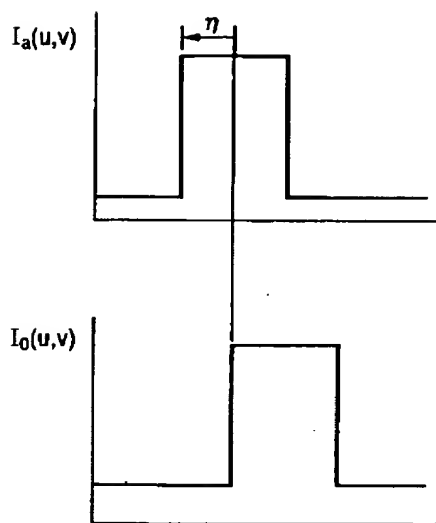


【図 4 A】

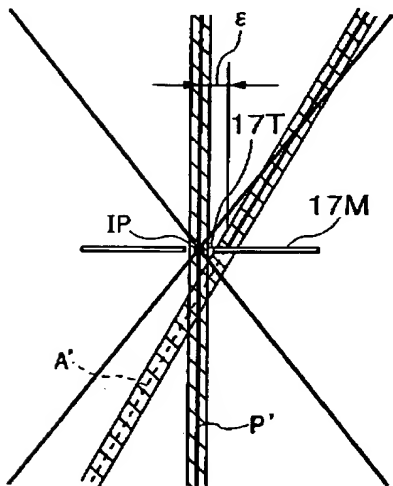




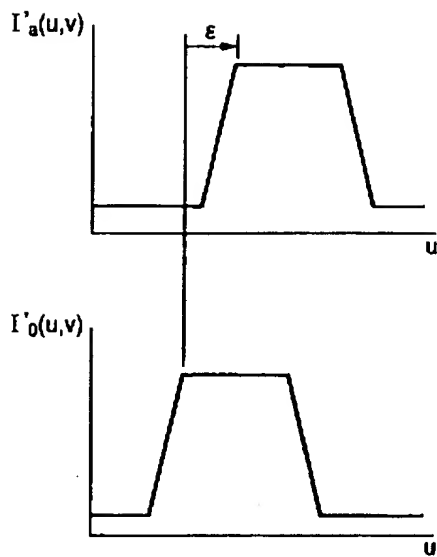
【図 4 B】



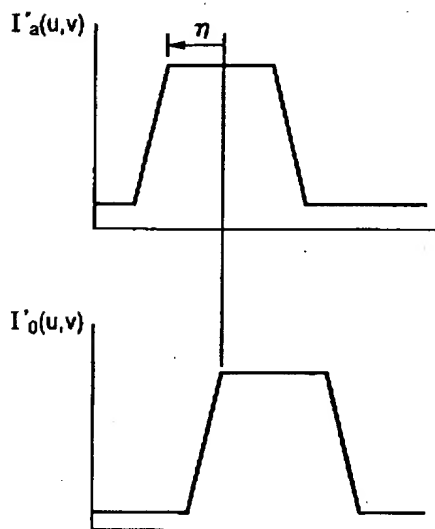
【図 5】



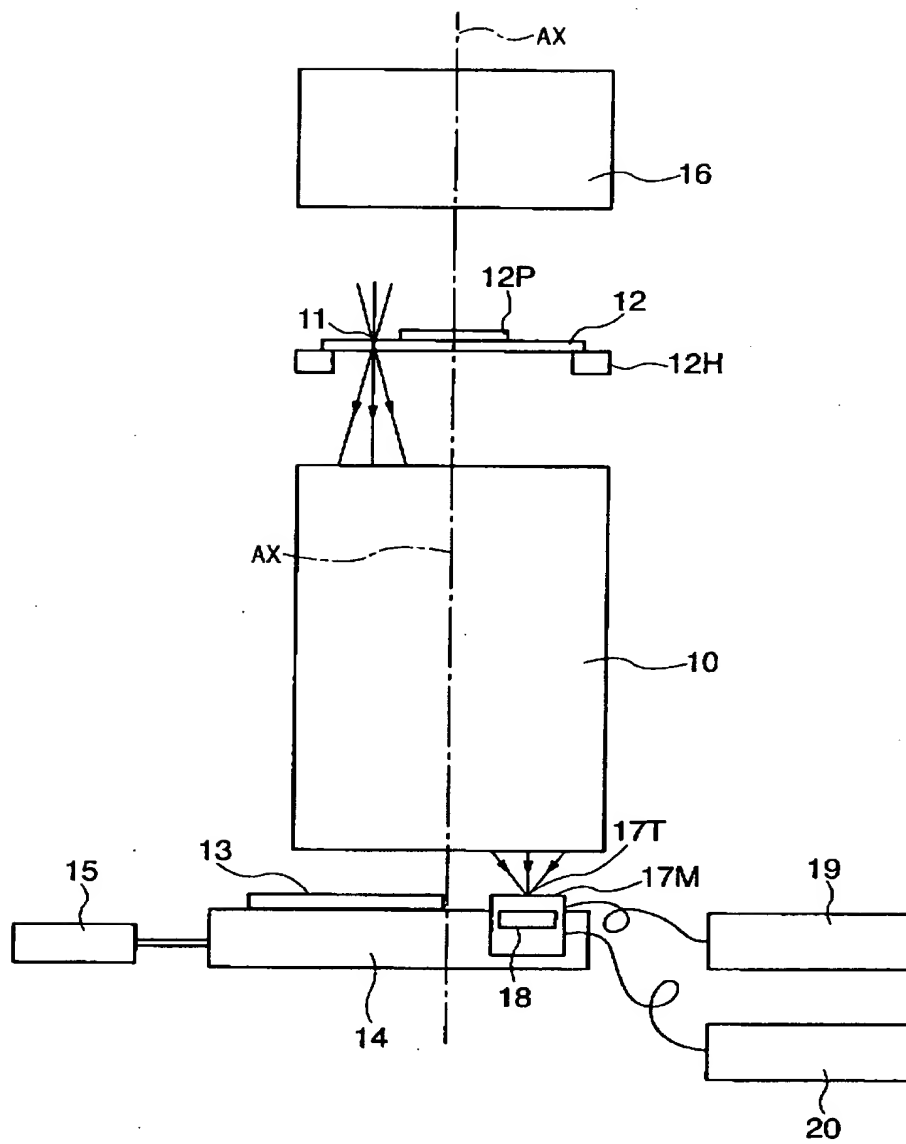
【図 6 A】



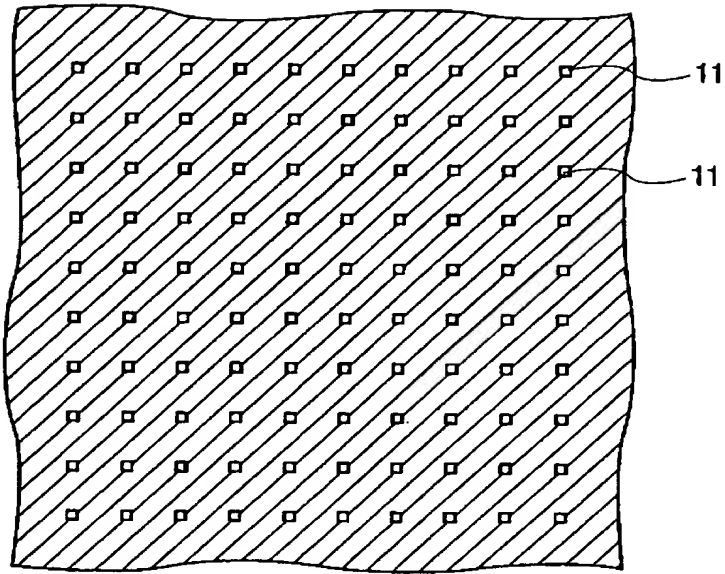
【図 6 B】



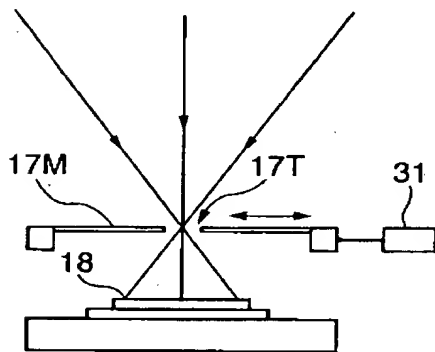
【図 7】



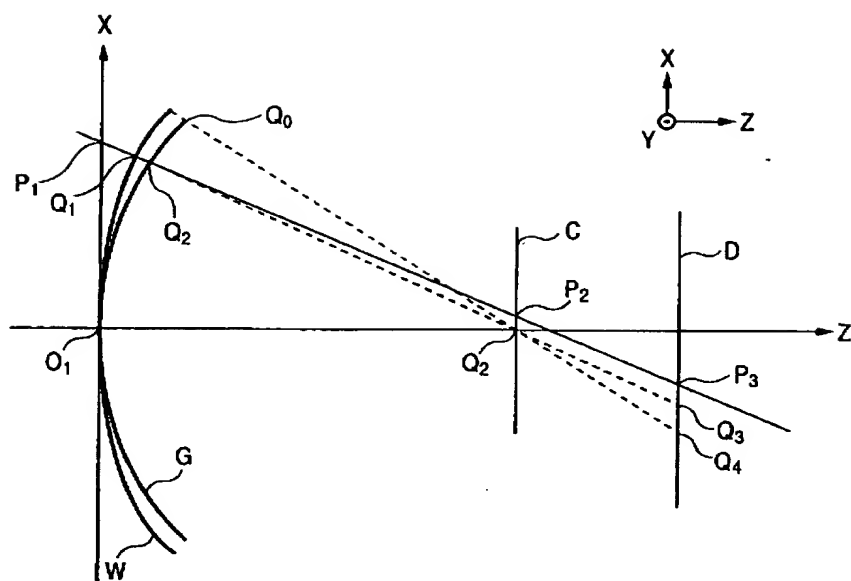
【図8】



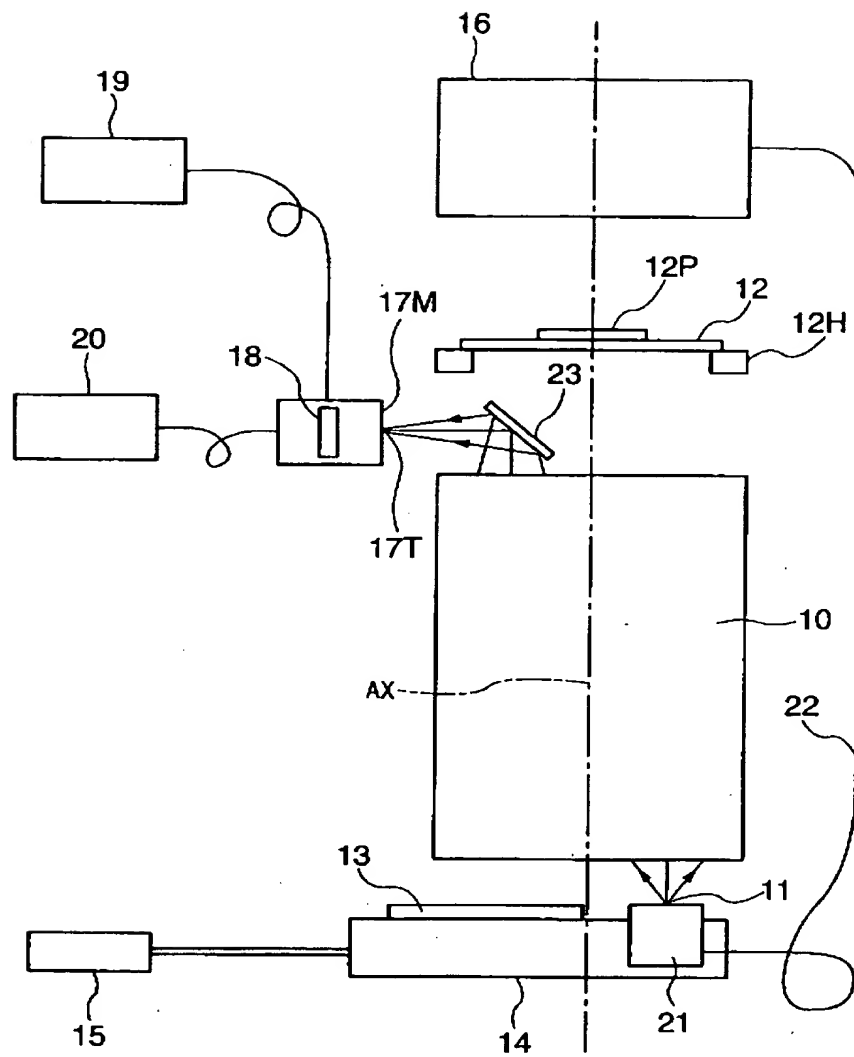
【図9】



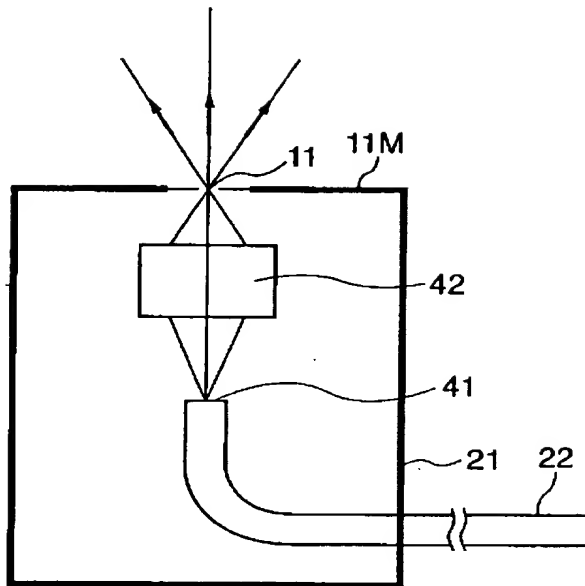
【図 10】



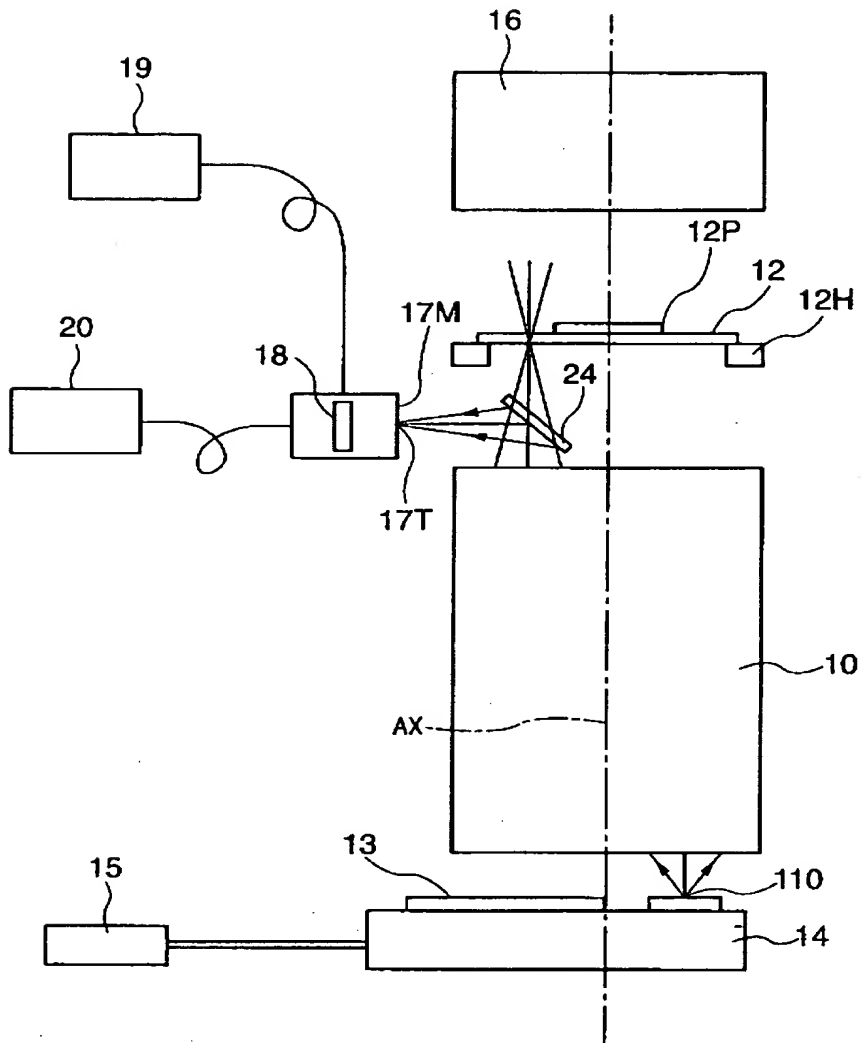
【図 11】



【図 12】

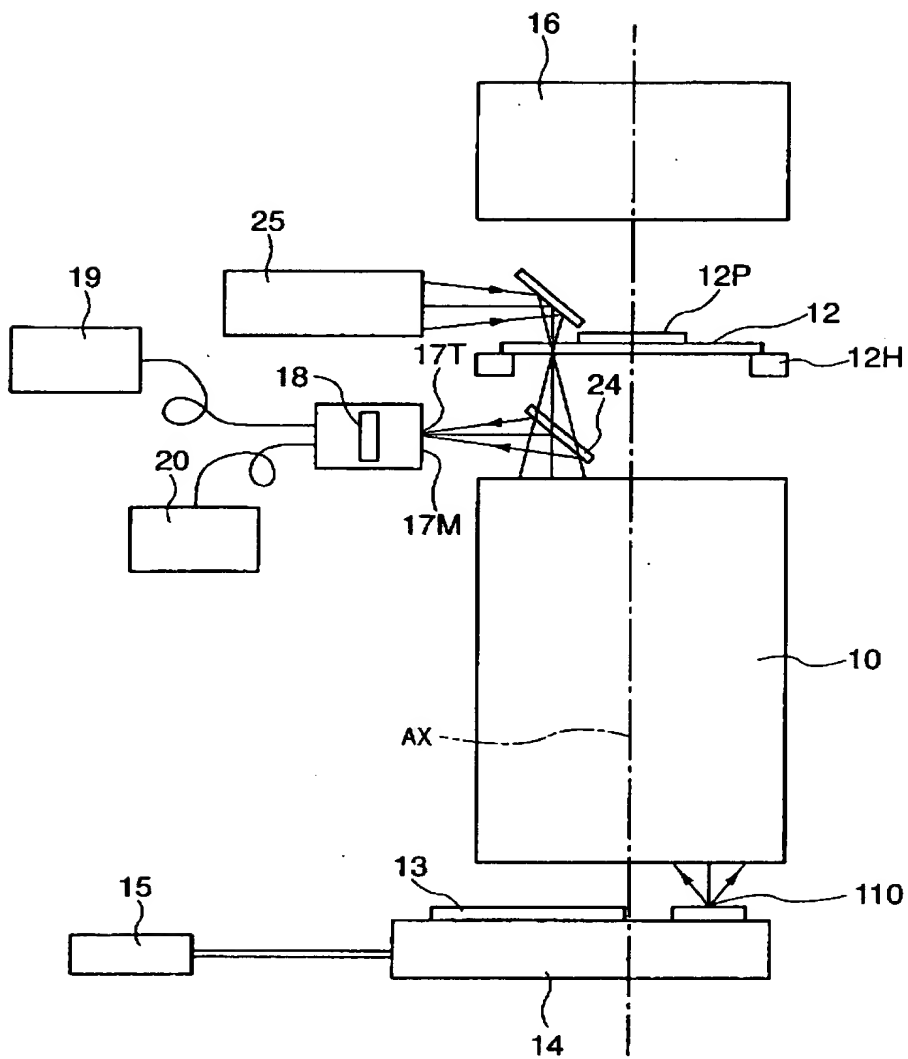


【図 13】





【図 14】



【図15】

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \left(1 + \frac{\Delta R}{R}\right) \cdot \frac{R}{H_0} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial x} = \left(1 + \frac{\Delta R}{R}\right) \cdot \frac{1}{NA_0} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial x} \cdots \cdots (3) \\ \eta &= \left(1 + \frac{\Delta R}{R}\right) \cdot \frac{R}{H_0} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial y} = \left(1 + \frac{\Delta R}{R}\right) \cdot \frac{1}{NA_0} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial y} \cdots \cdots (4) \\ \alpha &= \left(1 + \frac{\Delta L}{L}\right) \cdot \frac{L}{R} \cdot \frac{R}{H_0} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial x} = \left(1 + \frac{\Delta L}{L}\right) \cdot \frac{L}{R} \cdot \frac{1}{NA_0} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial x} \cdot \frac{L \left(1 + \frac{\Delta L}{L}\right)}{R \left(1 + \frac{\Delta R}{R}\right)} \cdot \varepsilon \cdots \cdots (5) \\ \beta &= \left(1 + \frac{\Delta L}{L}\right) \cdot \frac{L}{R} \cdot \frac{R}{H_0} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial y} = \left(1 + \frac{\Delta L}{L}\right) \cdot \frac{L}{R} \cdot \frac{1}{NA_0} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial y} \cdot \frac{L \left(1 + \frac{\Delta L}{L}\right)}{R \left(1 + \frac{\Delta R}{R}\right)} \cdot \eta \cdots \cdots (6)\end{aligned}$$

【図16】

$$X'' = X' + \alpha \cdots \cdots (7)$$

$$Y'' = Y' + \beta \cdots \cdots (8)$$

$$\frac{X}{H_0} = \frac{X'}{H'_0} = x \cdots \cdots (9)$$

$$\frac{Y}{H_0} = \frac{Y'}{H'_0} = y \cdots \cdots (10)$$

$$x = \frac{X''}{H'_0} - \frac{\alpha}{H'_0} \cdots \cdots (11)$$

$$y = \frac{Y''}{H'_0} - \frac{\beta}{H'_0} \cdots \cdots (12)$$

【図 17】

$$\frac{\Delta R}{R} \ll 1 \dots\dots\dots (13)$$

$$\frac{\Delta L}{L} \ll 1 \dots\dots\dots (14)$$

$$\frac{\alpha}{H'_0} = \frac{1}{H'_0} \cdot \frac{L}{R} \cdot \varepsilon \ll 1 \dots\dots\dots (15)$$

$$\frac{\beta}{H'_0} = \frac{1}{H'_0} \cdot \frac{L}{R} \cdot \eta \ll 1 \dots\dots\dots (16)$$

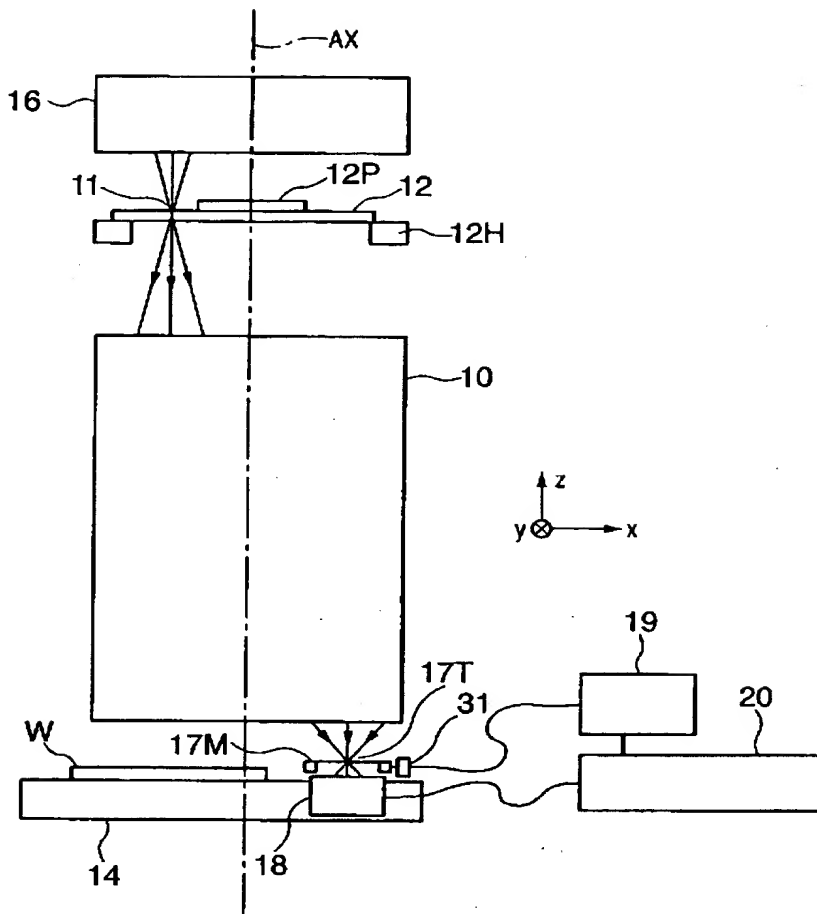
$$\varepsilon(x,y) = \frac{1}{NA_0} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial x} \dots\dots\dots (3')$$

$$\eta(x,y) = \frac{1}{NA_0} \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial y} \dots\dots\dots (4')$$

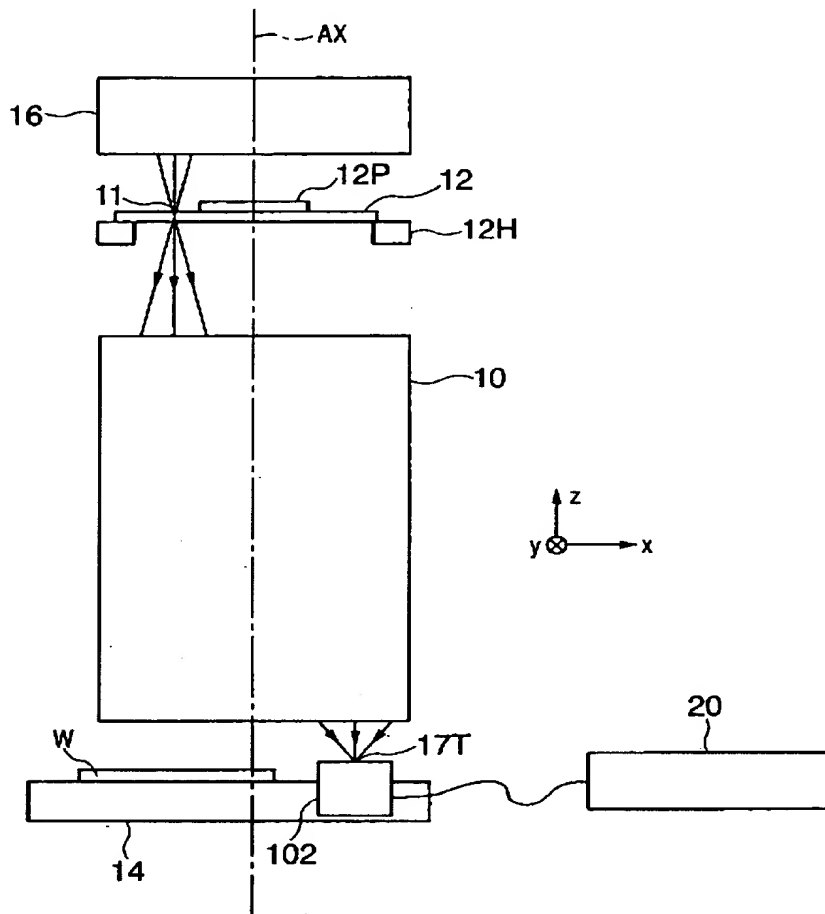
$$x = \frac{X''}{H'_0} \dots\dots\dots (11')$$

$$y = \frac{Y''}{H'_0} \dots\dots\dots (12')$$

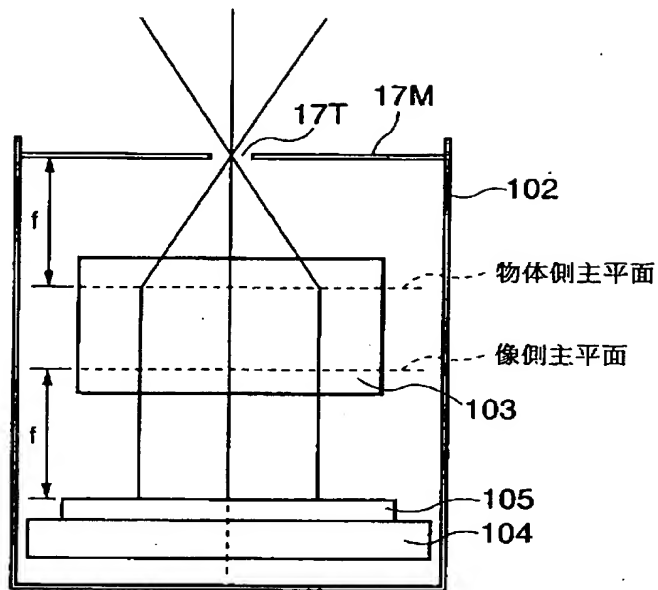
【図 18】



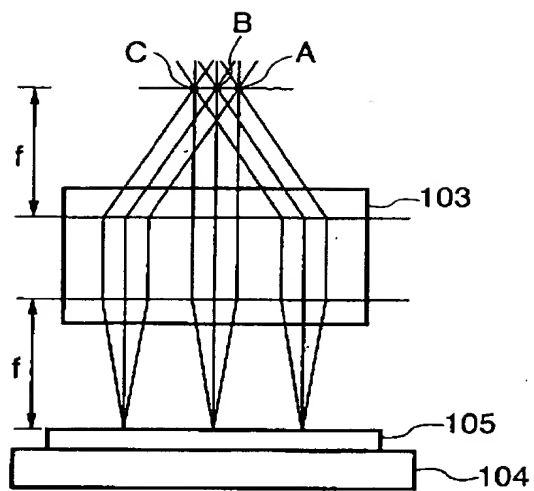
【図 1 9】



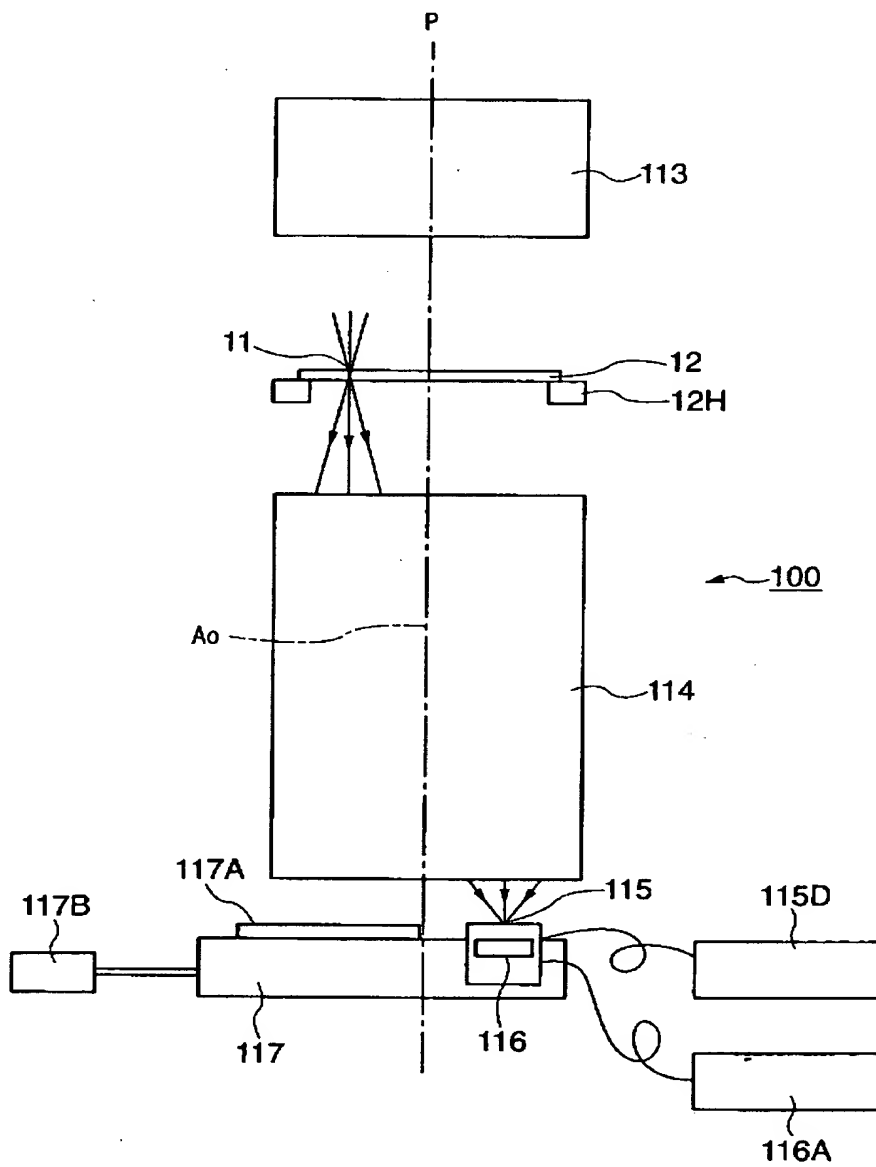
【図 2 0】



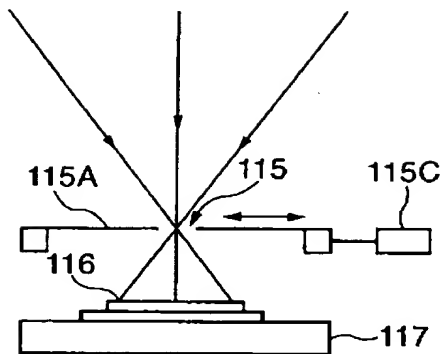
【図 2 1】



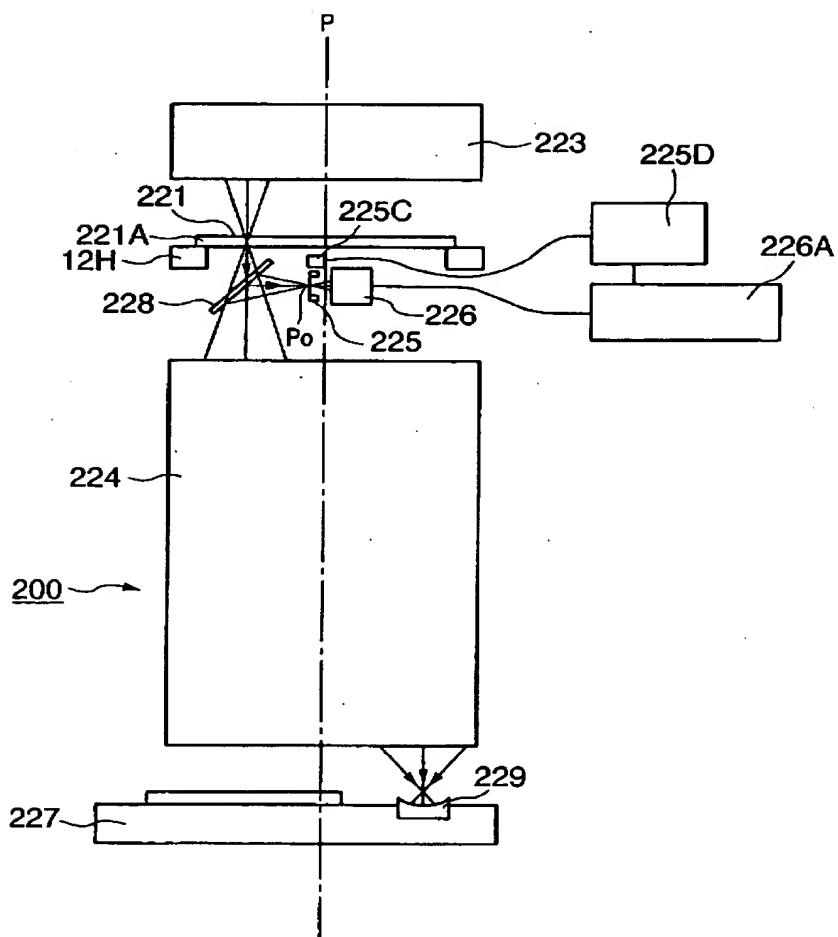
【図 2 2】



【図 23】

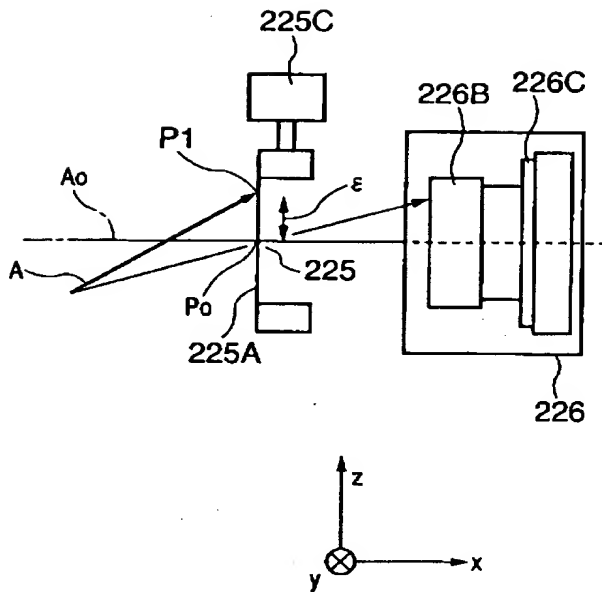


【図 24】

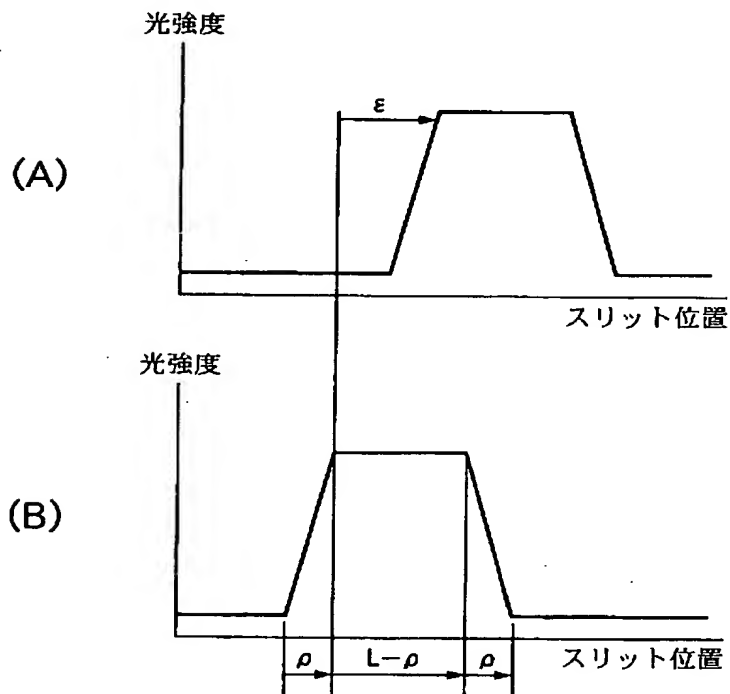




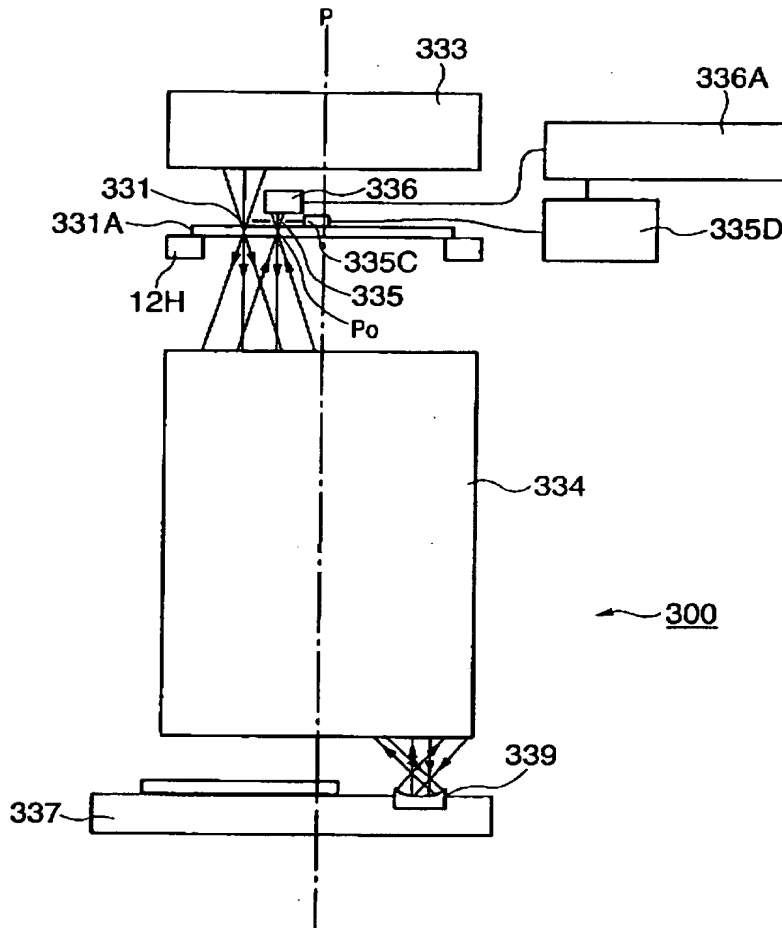
【図 25】



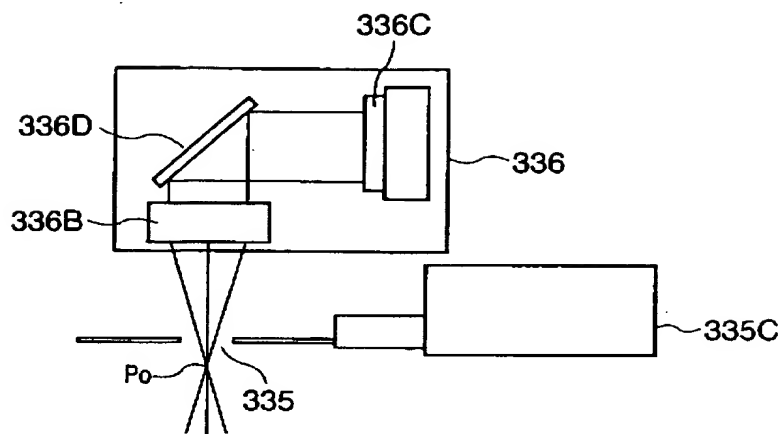
【図 26】



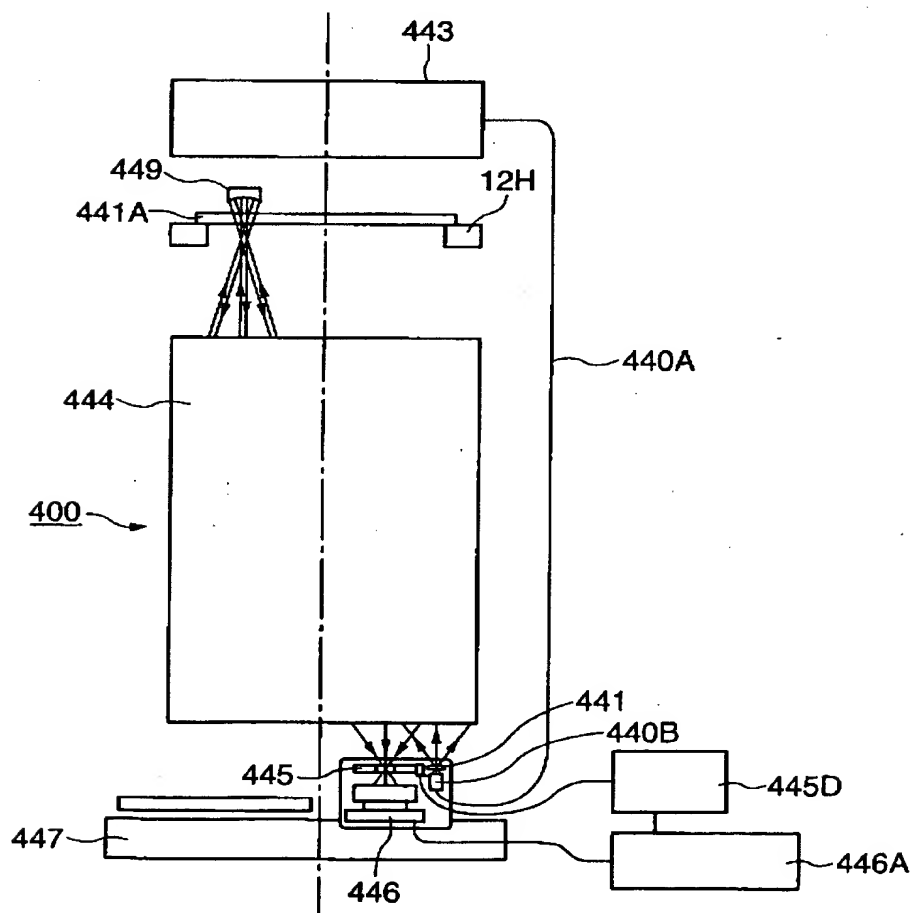
【図 27】



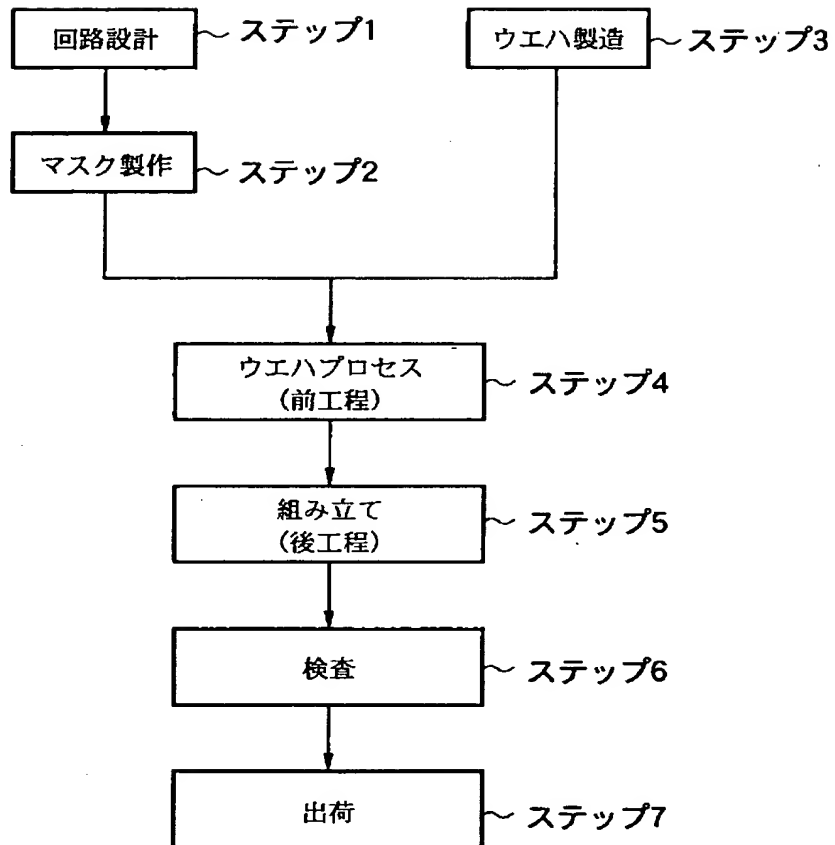
【図 2 8】



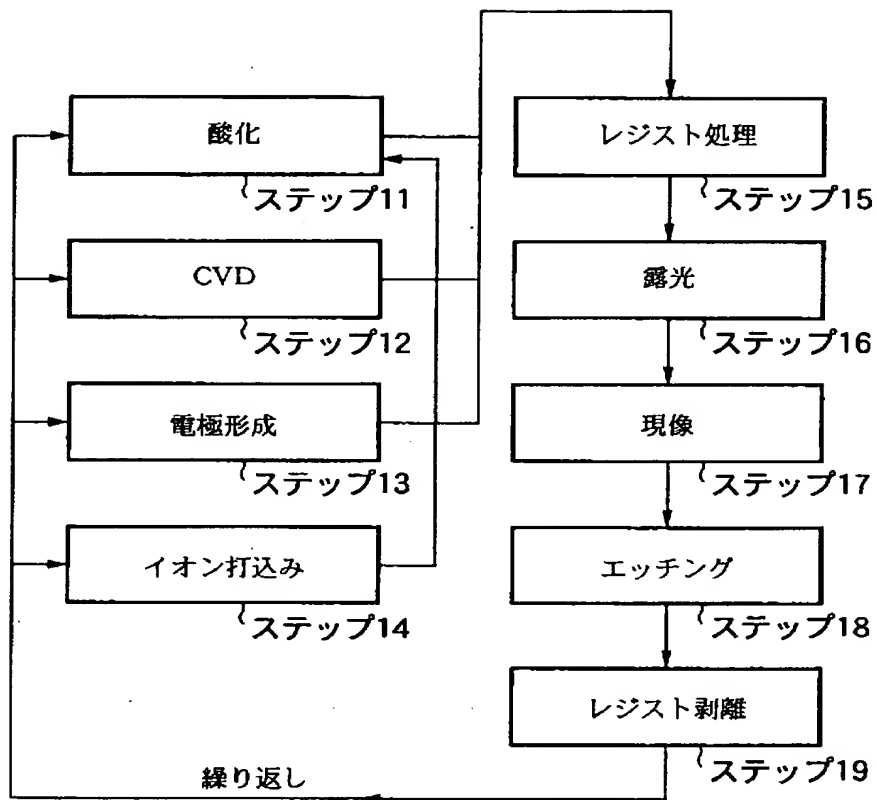
【図 2 9】



【図30】



【図 31】



【書類名】 要約書

【要約】 波面収差を計測するための機能を備えた投影露光装置を提供する。

【課題】

【解決手段】 この投影露光装置は、照明系と、基板にパターンを投影する投影光学系と、前記照明系と前記投影光学系との間に配置された第 1 の透過部を有する第 1 のマスクと、前記投影光学系の像側焦点位置近傍に配置された第 2 の透過部を有する第 2 のマスクと、前記第 2 のマスクを前記投影光学系の光軸に対して直交した面内で駆動するアクチュエータとを備える。更に、この投影露光装置は、前記アクチュエータにより前記第 2 のマスクが駆動されている状態において、前記照明系から出射され、前記第 1 の透過部、前記投影光学系、前記第 2 の透過部を通過した光の強度の変化を測定する測定器と、前記計測器による測定結果に基づいて前記投影光学系の波面収差を演算する演算器とを備える。

【選択図】 図 7

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2001-131189
受付番号	50100628654
書類名	特許願
担当官	後藤 正規 6395
作成日	平成 13 年 5 月 10 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000001007
【住所又は居所】	東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号
【氏名又は名称】	キャノン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100076428
【住所又は居所】	東京都千代田区紀尾井町 3 番 6 号 秀和紀尾井町 パークビル 7 F 大塚国際特許事務所
【氏名又は名称】	大塚 康德

【選任した代理人】

【識別番号】	100112508
【住所又は居所】	東京都千代田区紀尾井町 3 番 6 号 秀和紀尾井町 パークビル 7 F 大塚国際特許事務所
【氏名又は名称】	高柳 司郎

【選任した代理人】

【識別番号】	100115071
【住所又は居所】	東京都千代田区紀尾井町 3 番 6 号 秀和紀尾井町 パークビル 7 F 大塚国際特許事務所
【氏名又は名称】	大塚 康弘

【選任した代理人】

【識別番号】	100116894
【住所又は居所】	東京都千代田区紀尾井町 3 番 6 号 秀和紀尾井町 パークビル 7 F 大塚国際特許事務所
【氏名又は名称】	木村 秀二

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
氏 名 キヤノン株式会社